

Docket No.: R2180.0115/P115  
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
Seizo Suzuki, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: Herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: OPTICAL SCANNER, OPTICAL  
SCANNING METHOD, SCANNING  
IMAGE FORMING OPTICAL SYSTEM,  
OPTICAL SCANNING LENS AND IMAGE  
FORMING APPARATUS



CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following  
prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2000-288629	September 22, 2000
Japan	2001-060641	March 5, 2001

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application is filed herewith.

Dated: September 19, 2001

Respectfully submitted,

By 

Thomas J. D'Amico

Registration No.: 28,371

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 828-2232

Attorneys for Applicant

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Jc973 U.S. PTO  
09/955181  
09/19/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-288629

出 願 人

Applicant(s):

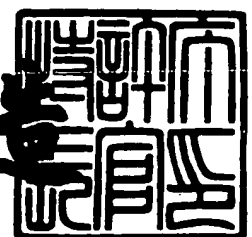
株式会社リコー

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 7月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0005220

【提出日】 平成12年 9月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/10

【発明の名称】 光走査装置・光走査方法・走査結像光学系および画像形成装置

【請求項の数】 43

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式会社リコー内

    【氏名】 鈴木 清三

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式会社リコー内

    【氏名】 厚海 広道

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式会社リコー内

    【氏名】 酒井 浩司

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式会社リコー内

    【氏名】 青木 真金

【特許出願人】

    【識別番号】 000006747

    【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代理人】

    【識別番号】 100067873

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 樺山 亨

【選任した代理人】

    【識別番号】 100090103

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 章悟

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 47674

【出願日】 平成12年 2月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014258

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809112

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光走査装置・光走査方法・走査結像光学系および画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う光走査装置において、

走査結像光学系が少なくとも 1 枚のレンズを有し、

上記走査結像光学系の主走査方向の焦点距離を  $f_m$ 、面数を  $k$ 、像高： $0$ における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$ 、上記光偏向器の側から数えて第  $i$  番目のレンズ面の面精度を  $\sigma_i$ 、第  $i$  番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を  $n$ 、上記レンズ面上における主走査方向の空間周波数を  $1/L$ 、上記波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$ により式：

$$f_\sigma = \{2.6846\lambda \times \sqrt{(k) \times f_m^2 / \omega^2}\} - f_m$$

で定義される、面精度： $\sigma_i$ による主走査方向の焦点距離を  $f_\sigma$ とすると、上記面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f_\sigma$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数： $1/L$ が、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/L) + \log [1/\{32 f_\sigma (n-1)\}]$$

なる条件を満足することを特徴とする光走査装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の光走査装置において、

光偏向器から数えて第  $i$  番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径を  $W$ とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f_\sigma$ 、屈折率： $n$ が、各レンズ面ごとに、 $(1/W)$ 以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

$$(2) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/W) + \log [1/\{32 f_\sigma (n-1)\}]$$

なる条件を満足することを特徴とする光走査装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の光走査装置において、

光源が半導体レーザであり、光源からの光束はカップリングレンズにより以後

の光学系にカップリングされて光偏向器により偏向され、走査結像光学系に入射すること特徴とする光走査装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の光走査装置において、  
カップリングレンズの作用がコリメート作用であることを特徴とする光走査装置。

【請求項 5】

請求項 3 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系がレンズのみで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 6】

請求項 4 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系がレンズのみで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 7】

請求項 5 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系が、2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 8】

請求項 6 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系が、2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 9】

請求項 3 記載の光走査装置において、  
光偏向器が、偏向反射面を有する回転鏡であり、  
カップリングされた光束が、線像結像光学系により副走査方向に集光され、上記偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像され、

走査結像光学系が、副走査方向に関して、光偏向器による偏向の起点と被走査面とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系であることを特徴とする光走査装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の光走査装置において、  
カップリングレンズの作用がコリメート作用であることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 1】

請求項 9 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系がレンズのみで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系がレンズのみで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系が、2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 記載の光走査装置において、  
走査結像光学系が、2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 ～ 1 4 の任意の 1 に記載の光走査装置において、  
光偏向器が回転多面鏡であることを特徴とする光走査装置。

【請求項 1 6】

光源側からの波長： $\lambda$  の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う方法であって、

光走査装置として、請求項 1 ～ 1 5 の任意の 1 に記載のものをを用いることを特徴とする光走査方法。

【請求項 1 7】

半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$  の光束を、カップリングレンズを介して光偏向器に入射させ、上記光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査



結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う方法であって、

光走査装置として、請求項 3 ～ 1 4 の任意の 1 に記載のものを用いることを特徴とする光走査方法。

【請求項 1 8】

半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより平行光束としたのち光偏向器に入射させ、上記光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う方法であって、

光走査装置として、請求項 4 または 6 または 8 に記載のものを用いることを特徴とする光走査方法。

【請求項 1 9】

半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより以後の光学系にカップリングし、カップリングされた光束を、線像結像光学系により副走査方向に集光して、光偏向器としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う方法であって、

光走査装置として、請求項 9 ～ 1 4 の任意の 1 に記載のものを用いることを特徴とする光走査方法。

【請求項 2 0】

半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより平行光束としたのち線像結像光学系により副走査方向に集光して、光偏向器としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う方法であって、

光走査装置として、請求項 1 0 または 1 2 または 1 4 に記載のものを用いることを特徴とする光走査方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 6 ～ 2 0 の任意の 1 に記載の光走査方法において、  
光偏向器として回転多面鏡を用いて光束の偏向を行うことを特徴とする光走査方法。

【請求項 2 2】

光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う光走査装置において用いられる走査結像光学系であって、

上記光走査装置は、走査結像光学系により形成される光スポットの像高： $0$ において狙いとするスポット径を $\omega$ とするものであり、

少なくとも 1 枚のレンズを有し、

主走査方向の焦点距離を $f_m$ 、面数を $k$ 、上記光偏向器の側から数えて第 $i$ 番目のレンズ面の面精度を $\sigma_i$ 、第 $i$ 番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を $n$ 、上記レンズ面上における主走査方向の空間周波数を $1/L$ 、上記波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$ により式：

$$f_{\sigma} = \{2.6846 \lambda \times \sqrt{(k) \times f_m^2 / \omega^2}\} - f_m$$

で定義される、面精度： $\sigma_i$ による主走査方向の焦点距離を $f_{\sigma}$ とすると、上記面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f_{\sigma}$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数： $1/L$ が、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/L) + \log [1 / \{32 f_{\sigma} (n-1)\}]$$

なる条件を満足することを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 記載の走査結像光学系において、

光偏向器から数えて第 $i$ 番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径を $W$ とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f_{\sigma}$ 、屈折率： $n$ が、各レンズ面ごとに、 $(1/W)$ 以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

$$(2) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/W) + \log [1 / \{32 f_{\sigma} (n-1)\}]$$

なる条件を満足することを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 4】

請求項 2 2 または 2 3 記載の走査結像光学系において、  
半導体レーザからカップリングレンズと光偏向器を介した光束を入射されることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 記載の光走査装置において、  
カップリングレンズで平行光束化され、光偏向器により偏向される光束を入射されることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 6】

請求項 2 4 記載の走査結像光学系において、  
レンズのみで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 7】

請求項 2 5 記載の走査結像光学系において、  
レンズのみで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 8】

請求項 2 6 記載の走査結像光学系において、  
2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 2 9】

請求項 2 7 記載の走査結像光学系において、  
2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 0】

請求項 2 2 または 2 3 記載の走査結像光学系において、  
副走査方向に関して光偏向器による偏向の起点と被走査面とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系であることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 1】

請求項 3 0 記載の走査結像光学系において、  
主走査方向において平行光束である偏向光束を入射されることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 2】

請求項 3 0 記載の走査結像光学系において、

レンズのみで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 3】

請求項 3 1 記載の光走査装置において、

レンズのみで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 4】

請求項 3 2 記載の走査結像光学系において、

2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 5】

請求項 3 3 記載の走査結像光学系において、

2 枚のレンズで構成されていることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 6】

請求項 2 2 ～ 3 5 の任意の 1 に記載の走査結像光学系において、

レンズの少なくとも 1 枚はプラスチックレンズであることを特徴とする走査結像光学系。

【請求項 3 7】

感光媒体の感光面に光走査装置による光走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、

感光媒体の感光面の光走査を行う光走査装置として、請求項 1 ～ 1 5 の任意の 1 に記載のものをを用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 3 8】

請求項 3 7 記載の画像形成装置において、

感光媒体が光導電性の感光体であり、感光面の均一帯電と光走査装置の光走査とにより形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 3 9】

光源側からの波長： $\lambda$  の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う光走査装置において、

被走査面上に形成すべき光スポットの、像高： $0$  における光スポットの狙いと

する主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、偏向光束における主走査方向のビームウェスト位置の、被走査面に対する変動： $\Delta$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、上記変動： $\Delta$ が、条件：

$$(20) \quad \{\Delta \cdot \lambda / \omega^2\} < 0.4$$

を満足することを特徴とする光走査装置。

【請求項 4 0】

光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う光走査装置において、

走査結像光学系が、1以上のレンズを含み、

被走査面上に形成すべき光スポットの、像高： $0$ における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、上記走査結像光学系の各レンズ面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、各レンズ面において、レンズ面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f \sigma$ 、上記レンズ面を有するレンズの屈折率： $n$ が、

上記レンズ面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件：

$$(21) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log (1/L) + \log [1 / \{32 f \sigma (n-1)\}]$$

を満足し、上記光束幅： $W$ 以下においては、条件：

$$(22) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log (1/W) + \log [1 / \{32 f \sigma (n-1)\}]$$

を満足することを特徴とする光走査装置。

【請求項 4 1】

光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて上記被走査面上に光スポットを形成し、上記被走査面の光走査を行う光走査装置において、

走査結像光学系が、結像作用を持つ1面以上のミラーを含み、

被走査面上に形成すべき光スポットの、像高： $0$ における光スポットの狙いと

する主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、上記走査結像光学系の各ミラー面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、各ミラー面において、ミラー面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ が、

上記ミラー面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件：

$$(23) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/\{64f\sigma\}]$$

を満足し、上記光束幅： $W$ 以下においては、条件：

$$(24) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{64f\sigma\}]$$

を満足することを特徴とする光走査装置。

#### 【請求項 4 2】

感光媒体の感光面に光走査装置による光走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、

感光媒体の感光面の光走査を行う光走査装置として、請求項 3 9～4 1 の任意の 1 に記載のものをを用いたことを特徴とする画像形成装置。

#### 【請求項 4 3】

請求項 4 2 記載の画像形成装置において、

感光媒体が光導電性の感光体であり、感光面の均一帯電と光走査装置の光走査とにより形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されることを特徴とする画像形成装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、光走査装置・光走査方法・走査結像光学系および画像形成装置に関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

光走査装置は、デジタル複写装置や光プリンタ、光プロッタ、光製版装置、光描画装置、ファクシミリ装置等の画像形成装置に関連して広く知られている。走

走査結像光学系は、光走査装置に用いられ、光偏向器により偏向する光束を被走査面上に光走査用の光スポットとして集光する光学系である。走査光学系により被走査面上に集光された光スポットは被走査面（実体的には、光導電性の感光体等である「感光媒体」の感光面）を光走査して画像書込みを行う。

走査結像光学系は、光スポットのスポット径が像高と共に大きく変動しないように、像面湾曲が良好に補正されていること要する。また、光走査の等速性を良好にするため、 $f \theta$  特性やリニアリティといった等速特性も良好に補正されていなければならない。

このため、走査結像光学系を構成する光学素子（レンズや結像ミラー）の光学面形状に所謂「非球面」に代表される特殊な面形状が用いられることが多い。

このような光学面形状の形成は、成形によるのが一般的で、3次元精密加工装置により成形面（形成すべき光学面形状に対応する面）を形成された金駒を用いて上記光学面形状の成形が行われる。

この場合、金駒の成形面を「設計された光学面形状が完全に実現される」ような精度で形成することは事実上不可能である。このため、実際に形成される光学面形状は、設計上の光学面形状に対してある程度の「形状誤差」を含む。

このような形状誤差を含む光学面を主走査方向について見ると、形状誤差は、設計上の光学面形状に対して現実の面が波打つ「うねり」となる。即ち、実際に形成された光学面形状は、主走査方向において「設計上の光学面形状を基準として波打つように変形した形状」となる。

上記の如き「うねり」を、主走査方向における「うねりの周期」により、以下の如く分類することができる。

第1は「低周波のうねり」であり、光学面における主走査方向の有効幅より大きい周期を持つ「うねり」である。

第2は「高周波のうねり」であり、光学面における入射光束の、主走査方向の光束径と同程度以下の周期を持つ「うねり」である。

第3は「中間周波のうねり」であり、光学面の主走査方向において、上記低周波のうねりと高周波のうねりとの間の周期を有するような「うねり」である。

【 0 0 0 3 】

このような光学面の形状誤差は、光学素子の光学性能に関しては、走査結像光学系により結像される像の「像面変動」の発生原因となる。

この像面変動は、被走査面上に形成される光スポットのスポット径（ここで問題としているのは「主走査方向のスポット径」である）を変動させる。主走査方向のスポット径が像高により変動すると、光スポットが描き込むドットの大きさが変動し、書き込まれる画像の濃度が主走査方向に変動する「濃度むら」が発生する。このような濃度むらは「ある面積領域が同一濃度の灰色画像領域として形成される」ような場合に顕著に目立つ。

濃度むらにも、低周波から高周波まで種々の周波数がある。濃度むらの周波数を空間周波数「本/mm」で表した場合、画像を見る人の目に対して「もっとも目立ちやすい」のは、人の目の「視覚特性」からすると、空間周波数にして、およそ「0.1～5本/mm」の領域の濃度むらであるとされている。

上記分類による「低周波のうねり」は、前述の「等速特性」や「スポット径の変動」に影響するが、変動の空間周期が長いので、「低周波のうねり」に起因する等速特性の影響や濃度むらは人の目に殆ど認められない。

「高周波のうねり」は、高周波の濃度むらを発生する。高周波の濃度むらの空間周波数は「人の目に目立ちやすい領域」に重なるため、画像の像質劣化の原因となる。

「中間周波のうねり」は、等速特性の劣化の原因となるほか、周波数の比較的高い部分のうねりは濃度むらによる画質劣化の原因にもなり得る。

#### 【0004】

「スポット径変動」を引き起こす前記「像面変動」の原因となるものとしては、

- ① 走査結像光学系の設計中央値での主走査方向の像面湾曲
- ② 光学部品の取り付け位置精度（光学素子のシフトやチルト）
- ③ 光学部品の加工誤差（前記光学面の形状誤差を除く、肉厚や屈折率の誤差）
- ④ 環境変動（温度・湿度変化による形状変化や屈折率変化）
- ⑤ 前記光学面の形状誤差

を挙げることができる。

これらのうち、①～④に起因するスポット径変動は比較的低周波であり、光学



部品取付け時の調整や「環境変動に影響されにくい光学系を設計する」ことにより改善できる。また、人の目に顕著に目立ちやすい空間周波数領域の濃度むらの原因とはなりにくい。

従って、濃度むらに対する対策としては、光学面の形状誤差のうち、中間周波および高周波のうねりを軽減することが有効である。

光学素子の光学面の「うねり」に言及したものとしては、特開平 9 - 8 0 3 3 3 号公報がある。同公報は、光学面のうねりに起因して記録画像に発生する「黒筋（上に説明した濃度むらの 1 形態である）」を解消する方策として、光源側に「光軸から周辺へ向かって透過率が減少する強度分布変更手段」の使用を提案しているが、うねり自体を規制することにより黒筋を軽減ないし解消するような条件の提示は、なされていない。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は、光走査装置を用いる画像形成装置において、上述の強度分布変更手段の如き手段を用いることなく、人の目に目立ちやすい空間周波数の濃度むらの発生を有効に軽減もしくは解消することを課題とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

この発明の光走査装置は「光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置」である。

請求項 1 記載の光走査装置は、以下の如き特徴を有する。

即ち、走査結像光学系は少なくとも 1 枚のレンズを有する。

走査結像光学系の主走査方向の焦点距離を  $f_m$ 、面数を  $k$ 、像高： $0$ における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$ 、光偏向器の側から数えて第  $i$  番目のレンズ面の面精度を  $\sigma_i$ 、第  $i$  番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を  $n$ 、上記第  $i$  番目のレンズ面上における主走査方向の空間周波数を  $1/L$  とする。

また「面精度： $\sigma_i$ による主走査方向の焦点距離： $f_{\sigma}$ 」を、波長： $\lambda$ 、面数

: k、焦点距離:  $f_m$ 、スポット径:  $\omega$ により式:

$$(3) \quad f_{\sigma} = \{2.6846\lambda \times \sqrt{(k) \times f_m^2 / \omega^2}\} - f_m$$

で定義する。

このとき、面精度:  $\sigma_i$ 、焦点距離:  $f_{\sigma}$ 、屈折率:  $n$ 、空間周波数:  $1/L$  は、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/L) + \log[1/\{32 f_{\sigma}(n-1)\}]$$

なる条件を満足する。

この請求項1記載の光走査装置において、光偏向器から数えて第  $i$  番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径を  $W$  とするとき、面精度:  $\sigma_i$ 、焦点距離:  $f_{\sigma}$ 、屈折率:  $n$  が、各レンズ面ごとに、 $(1/W)$  以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

$$(2) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/W) + \log[1/\{32 f_{\sigma}(n-1)\}]$$

なる条件を満足するようにすることができる(請求項2)。

上記面精度:  $\sigma_i$  や焦点距離:  $f_{\sigma}$ 、式(1)や(2)の意味するところについては後述する。

【0007】

上記請求項1または2記載の光走査装置において、光源としては種々のレーザー光源を用いることができる。例えば、光走査の走査長が1m以上にも及ぶ大走査長の場合、高速の光走査を実現するにはガスレーザーのような高出力のものが光源として適している。

通常の事務機としてのデジタル複写装置等での光走査の場合であれば、光源として「半導体レーザー」を用いることができる。この場合には、光源からの光束をカップリングレンズにより以後の光学系にカップリングして光偏向器により偏向させ、走査結像光学系に入射させるようにする(請求項3)。

この場合のカップリングレンズの作用は「コリメート作用」とすることができる(請求項4)。

上記請求項3記載の光走査装置において、走査結像光学系をレンズのみで構成することができ(請求項5)、上記請求項4記載の光走査装置において、走査結像光学系をレンズのみで構成することができる(請求項6)。請求項5記載の光走

査装置の場合、走査結像光学系を 2 枚のレンズで構成することができる(請求項 7)。同様に、請求項 6 記載の光走査装置において、走査結像光学系を 2 枚のレンズで構成することができる(請求項 8)。

また、上記請求項 3 記載の光走査装置において、光偏向器として、偏向反射面を有する回転鏡(回転単面鏡、回転 2 面鏡、回転多面鏡)を用いる場合、カップリングされた光束を線像結像光学系(シリンドリカルレンズやシリンドリカル凹面鏡)により副走査方向に集光し、偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像させるようにし、走査結像光学系を「副走査方向に関して光偏向器による偏向の起点と被走査面とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系」とすることができる(請求項 9)。

この請求項 9 記載の光走査装置において、カップリングレンズの作用をコリメート作用とすることができる(請求項 10)。

また、請求項 9 記載の光走査装置において、走査結像光学系をレンズのみで構成することができ(請求項 11)、請求項 10 記載の光走査装置においても、走査結像光学系をレンズのみで構成することができる(請求項 12)。そして、請求項 11 記載の光走査装置において、走査結像光学系を 2 枚のレンズで構成することができ(請求項 13)、請求項 12 記載の光走査装置において、走査結像光学系を 2 枚のレンズで構成することができる(請求項 14)。

上記請求項 1～14 の任意の 1 に記載の光走査装置において、光偏向器として「回転多面鏡」を用いることができる(請求項 15)。

#### 【0008】

請求項 16 記載の光走査方法は「光源側からの波長： $\lambda$  の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う方法」であって、光走査装置として、上記請求項 1～15 の任意の 1 に記載のものをを用いることを特徴とする。

請求項 17 記載の光走査方法は「半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$  の光束を、カップリングレンズを介して光偏向器に入射させ、光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走

査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う方法」であって、光走査装置として、前記請求項 3 ～ 1 4 の任意の 1 に記載のものを用いることを特徴とする。

請求項 1 8 記載の光走査方法は「半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより平行光束としたのち光偏向器に入射させ、上記光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う方法」であって、光走査装置として、前記請求項 4 または 6 または 8 に記載のものを用いることを特徴とする。

請求項 1 9 記載の光走査方法は「半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより以後の光学系にカップリングし、カップリングされた光束を、線像結像光学系により副走査方向に集光して、光偏向器としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う方法」であって、光走査装置として、前記請求項 9 ～ 1 4 の任意の 1 に記載のものを用いることを特徴とする。

請求項 2 0 記載の光走査方法は「半導体レーザを光源とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を、カップリングレンズにより平行光束としたのち線像結像光学系により副走査方向に集光して、光偏向器としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う方法」であって、光走査装置として、前記請求項 1 0 または 1 2 または 1 4 に記載のものを用いることを特徴とする。

上記請求項 1 6 ～ 2 0 の任意の 1 に記載の光走査方法においては、光偏向器として回転多面鏡を用いて光束の偏向を行うことができる(請求項 2 1)。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 2 記載の走査結像光学系は「光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置において

用いられる走査結像光学系」であって、以下の点を特徴とする。

即ち、走査結像光学系が用いられる光走査装置は、走査結像光学系により形成される光スポットの像高：0において狙いとするスポット径を $\omega$ とするものである。走査結像光学系は、少なくとも1枚のレンズを有する。

走査結像光学系の主走査方向の焦点距離を $f_m$ 、面数を $k$ 、光偏向器の側から数えて第 $i$ 番目のレンズ面の面精度を $\sigma_i$ 、第 $i$ 番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を $n$ 、第 $i$ 番目のレンズ面における主走査方向の空間周波数を $1/L$ とする。上記波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$ により式： $f\sigma = \{2.6846\lambda \times \sqrt{(k) \times f_m^2 / \omega^2}\} - f_m$  (3)

で定義される「面精度： $\sigma_i$ による主走査方向の焦点距離」を $f\sigma$ とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f\sigma$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数： $1/L$ が、各レンズ面ごとに、

(1)  $0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/L) + \log [1 / \{32 f\sigma (n-1)\}]$ なる条件を満足する。

この請求項22記載の走査結像光学系において、光偏向器から数えて第 $i$ 番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径を $W$ とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f\sigma$ 、屈折率： $n$ が、各レンズ面ごとに、 $(1/W)$ 以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

(2)  $0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/W) + \log [1 / \{32 f\sigma (n-1)\}]$ なる条件を満足するようにすることができる(請求項23)。

上記請求項22または23記載の走査結像光学系において、半導体レーザから「カップリングレンズと光偏向器を介した光束」を入射されるように構成できる(請求項24)。この場合において、「カップリングレンズで平行光束化され、光偏向器により偏向される光束」を入射されるように構成できる(請求項25)。

請求項24記載の走査結像光学系は、レンズのみで構成することができ(請求項26)、請求項25記載の走査結像光学系も、レンズのみで構成することができる(請求項27)。請求項26記載の走査結像光学系は「2枚のレンズ」で構成することができ(請求項28)、請求項27記載の走査結像光学系も「2枚のレンズ」で構成することができ(請求項29)。

## 【0010】

上記請求項22または23記載の走査結像光学系は「副走査方向に関して光偏向器による偏向の起点と被走査面とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系」とすることができる(請求項30)。

この請求項30記載の走査結像光学系において、「主走査方向において平行光束である偏向光束」を入射されるように構成できる(請求項31)。

上記請求項30記載の走査結像光学系は「レンズのみ」で構成することができる(請求項32)、請求項31記載の光走査装置も「レンズのみ」で構成することができる(請求項33)。請求項32記載の走査結像光学系は「2枚のレンズ」で構成することができる(請求項34)、請求項33記載の走査結像光学系も「2枚のレンズ」で構成することができる(請求項35)。

上記請求項22～35の任意の1に記載の走査結像光学系において、レンズの少なくとも1枚をプラスチックレンズとすることができる(請求項36)。

## 【0011】

請求項37記載の画像形成装置は「感光媒体の感光面に光走査装置による光走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置」であって、感光媒体の感光面の光走査を行う光走査装置として、請求項1～15の任意の1に記載のものをを用いたことを特徴とする。

この請求項37記載の画像形成装置において、感光媒体を光導電性の感光体とし、感光面の均一帯電と光走査装置の光走査とにより形成される静電潜像を「トナー画像」として可視化するように構成できる(請求項38)。トナー画像は、シート状の記録媒体(転写紙や「OHPシート(オーバヘッドプロジェクタ用のプラスチックシート」等)に定着される。

請求項36記載の画像形成装置において、感光媒体として例えば「銀塩写真フィルム」を用いることもできる。この場合、光走査装置による光走査により形成された潜像は通常の銀塩写真プロセスの現像手法で可視化できる。このような画像形成装置は例えば「光製版装置」あるいは「光描画装置」として実施できる。

また請求項38記載の画像形成装置は、具体的にはレーザープリンタやレーザーロッタ、デジタル複写装置、ファクシミリ装置等として実施できる。

走査結像光学系は「レンズのみにより構成する場合」、上記の如く 2 枚のレンズで構成できるが、勿論 1 枚のレンズで構成しても良いし、3 枚以上のレンズで構成することもできる。走査結像光学系はまた「結像作用を持つミラー（結像ミラー）と 1 枚以上のレンズ」により構成することもできる。

請求項 3 9 記載の光走査装置は「光源側からの波長： $\lambda$  の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置」であって、以下の点を特徴とする。

【0 0 1 2】

即ち、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0 における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$  とし、偏向光束における主走査方向のビームウェスト位置の、被走査面に対する変動： $\Delta$  を、空間周波数成分に分解したとき、空間周波数 ( $1/L$ ：本/mm) の範囲：

$$0.1 < (1/L) < 5$$

において、上記変動： $\Delta$  が、条件：

$$(20) \quad \{\Delta \cdot \lambda / \omega^2\} < 0.4$$

を満足する。

請求項 4 0 記載の光走査装置は「光源側からの波長： $\lambda$  の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置」であって、以下の点を特徴とする。

即ち、走査結像光学系が 1 以上のレンズを含む。また、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0 における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$  とし、走査結像光学系の各レンズ面上の面精度： $\sigma$  を空間周波数成分に分解したとき、空間周波数 ( $1/L$ ：本/mm) の範囲：

$$0.1 < (1/L) < 5$$

において、各レンズ面において、レンズ面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$  による主走査方向の焦点距離： $f \sigma$ 、上記レンズ面を有するレンズの屈折率： $n$  が、

上記レンズ面上の主走査方向の光束幅： $W$  以上においては、条件：

$$(21) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足し、光束幅：W以下においては、条件：

$$(22) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足する。

面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ は、前述の(3)式、即ち、

$$f\sigma = \{2.6846\lambda \times \sqrt{(k) \times f m^2 / \omega^2}\} - f m$$

により定義される。

【0013】

即ち、請求項40記載の光走査装置においては、その走査結像光学系が、上記条件(21)、(22)を満足するレンズを含むのである。

請求項41記載の光走査装置は「光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置」であって、以下の特徴を有する。

即ち、走査結像光学系は「結像作用を持つ1面以上のミラー（前述の「結像ミラー」）を含む。そして、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、走査結像光学系の各ミラー面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、空間周波数（ $1/L$ ：本/mm）の範囲：

$$0.1 < (1/L) < 5$$

において、各ミラー面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ が、

上記ミラー面上の主走査方向の光束幅：W以上においては、条件：

$$(23) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/\{64f\sigma\}]$$

を満足し、光束幅：W以下においては、条件：

$$(24) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{64f\sigma\}]$$

を満足する。面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ は前述の(3)式で定義される。

即ち、請求項41記載の光走査装置においては、その走査結像光学系が、上記



条件（２３）、（２４）を満足するミラー面を持つ結像ミラーを含むのである。

勿論、請求項３９～４１の任意の１に記載された各光走査装置の光源としては、ガスレーザのような高出力のものや、半導体レーザ等の種々の光源を用いることができ、半導体レーザを光源として用いる場合には、光源からの光束をカップリングレンズにより以後の光学系にカップリングして光偏向器により偏向させ、走査結像光学系に入射させるようにすることができる。この場合のカップリングレンズの作用は「コリメート作用」とすることができる。

請求項３９または４０または４１に記載の各光走査装置において、走査結像光学系をレンズのみで構成することもでき、この場合、走査結像光学系を２枚のレンズで構成することができる。請求項３９、４１に記載の各光走査装置において、走査結像光学系を結像ミラーのみで構成することもできるし、結像ミラーとレンズの組み合わせとして構成することもできる。

請求項３９～４１の任意の１に記載された光走査装置においても、光偏向器として、偏向反射面を有する回転鏡（回転単面鏡、回転２面鏡、回転多面鏡）を用いる場合、カップリングされた光束を線像結像光学系（シリンドリカルレンズやシリンドリカル凹面鏡）により副走査方向に集光し、偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像させるようにし、走査結像光学系を「副走査方向に関して光偏向器による偏向の起点と被走査面とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系」とすることができる。また、光偏向器として「回転多面鏡」を用いることができる。

請求項４２記載の画像形成装置は「感光媒体の感光面に光走査装置による光走査を行って潜像を形成し、この潜像を可視化して画像を得る画像形成装置」であって、感光媒体の感光面の光走査を行う光走査装置として、請求項３９～４１の任意の１に記載のものをを用いたことを特徴とする。この場合も、感光媒体を「光導電性の感光体」とし、感光面の均一帯電と光走査装置の光走査とにより形成される静電潜像を、トナー画像として可視化することができる（請求項４３）。

請求項４２記載の画像形成装置は、請求項３７記載のものと同じく「光製版装置」あるいは「光描画装置」として実施でき、請求項４３記載の画像形成装置は、請求項３８記載の画像形成装置と同様、レーザプリンタやレーザプロッタ、デ

デジタル複写装置、ファクシミリ装置等として実施できる。

【0014】

請求項3～14に記載の光走査装置や、請求項17～20に記載の光走査方法のように、光源として半導体レーザを用いると、光走査装置の光源が小型になり、光源の消費するエネルギーも小さいので、光走査装置をコンパクト且つ省エネルギー化することができる。

請求項4、6、8、10、12、14に記載の光走査装置や、請求項18、20に記載の光走査方法のように、半導体レーザからの光束をカップリングレンズで平行光束化するようにすると、カップリングレンズ以後の光学素子の「光路方向の配置位置の自由度」が増え、光路方向の取り付け精度も緩和されるので、光学系の組み付けが容易である。

また、請求項10、12、14に記載の光走査装置や、請求項20に記載の光走査方法のように、線像結像光学系により、光源側からの光束を光偏向器の偏向反射面近傍に「主走査方向に長い線像」として結像させ、走査結像光学系をアナモフィックな光学系とすることにより、光偏向器の「面倒れ」を有効に補正できる。

請求項15に記載の光走査装置や、請求項21に記載の光走査方法のように、光偏向器として回転多面鏡を用いると、回転単面鏡や回転2面鏡を用いる場合に比して「1回転あたりの偏向回数」が多いので光走査の能率がよい。

【0015】

以下、上記各請求項の発明につき説明を補足する。

請求項1、2や請求項22、23、39、40、41に記載された各種の量につき説明すると、まず「走査結像光学系の主走査方向の焦点距離： $f_m$ 」は、走査結像光学系の主走査方向における合成焦点距離を意味する。

「走査結像光学系の面数： $k$ 」は光学面の数であり、走査結像光学系中に結像ミラーが含まれる場合には、結像反射面ごとに1面と数える。

「像高： $0$ における光スポットの、狙いとする主走査方向のスポット径： $\omega$ 」は、走査結像光学系により形成される光スポットの像高が0であるときに、主走査方向の設計上のスポット径を意味する。狙いとするスポット径は「想定上のスポット径よりも若干小さめ」のスポット径が実現されるように設計される。

例えば、主走査方向のスポット径を「 $30\mu\text{m}$ に想定」して光走査を行う場合、想定されたスポット径： $30\mu\text{m}$ よりも10%程度小さい $27\mu\text{m}$ を「狙いのスポット径： $\omega$ 」として光学系の設計が行われる。

上記スポット径： $\omega$ は、光スポットの主走査方向のビームウエストにおける光強度分布の「主走査方向のライン・スプレッド・ファンクション」における最大値を1とし、その「 $1/e^2$ 以上の強度を持つ主走査方向の幅」を意味する。

次に「面精度」につき説明する。

任意の光学面に着目し、その主走査方向の形状（光学面形状の基準となる軸を含み、主走査方向に平行な平断面内の形状）の「設計形状」を、上記基準軸位置を原点とする主走査方向の座標： $Y$ を用いて「 $\Phi(Y)$ 」とする。即ち、 $\Phi(Y)$ は該光学面の設計形状の解析表現である。

一方、現実の光学面(上記任意の光学面の「現実形成された形状」)を測定し（測定方法は、触針式、光ピックアップ式、干渉式等、公知の適宜の方法を利用して良いが、高さ方向の測定分解能が $10\text{nm}$ 以下であることが好ましい）、測定データを用いて、計測された主走査方向の光学面形状を、式：

$$F(Y) = (Y^2/R_m) / [1 + \sqrt{\{1 - (1+K)(Y/R_m)^2\}}] + A_1 \cdot Y + A_2 \cdot Y^2 + A_3 \cdot Y^3 + \dots + A_9 \cdot Y^9 + A_{10} \cdot Y^{10} \quad (4)$$

によりフィッティングする。即ち、測定データに基づき、上記式の右辺の「 $R_m$ 、 $K$ 、 $A_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ )」を最小2乗法で特定する。

【0016】

このようにしてフィッティングされた「 $F(Y)$ 」を上記「 $\Phi(Y)$ 」から差し引き、差し引かれた結果を「 $F'(Y)$ 」とする。即ち、

$$F'(Y) = \Phi(Y) - F(Y) \quad (5)$$

である。

上記の過程を、図4に説明図的に示す。図4(A)において、符号41で示す曲線は上記設計形状： $\Phi(Y)$ であり、符号43で示す曲線は「測定された形状を上記の式でフィッティングさせた $F(Y)$ 」である。 $R_m$ は $\Phi(Y)$ の主走査方向の曲率半径を示している。

図4 (B)における曲線45は上記 $F'(Y)$ である。

上記の如くに得られた $F'(Y)$ を、以下のように余弦関数で展開する。

$$F'(Y) = \sum A_j \cdot \cos [2\pi \{m_j (Y/L_Y) + \alpha_j\}] \quad (6)$$

展開のパラメータ： $j$ は、1から所定の数： $S$ までをとるが、 $S$ は50～100程度が好ましい。

上記展開式における展開係数： $A_j$ の2倍、即ち、係数： $A_j$ をもつ余弦関数の振幅をもって「(空間周波数： $1/L_Y$ における)面精度」と定義する。なお、上記展開式において、 $m_j$ は「波数」、 $\alpha_j$ は「初期位相」、 $L_Y$ は「評価幅」である。評価幅： $L_Y$ は「展開を行う光学面部分の主走査方向の長さ」に対応する。評価幅： $L_Y$ を「光学面の主走査方向の有効幅」とすれば、前述の「中間周波領域」の面精度を求めることができる。この場合、 $S$ の次数を大きくとれば高周波領域の面精度を求めることができる。また、高周波の面精度を求める場合、評価幅： $L_Y$ を光学面位置における入射光束の主走査方向の光束幅： $2W$ として展開を行うことにより容易に求めることができる。この場合、上記パラメータ： $j$ は、1～50程度とすることができる。

上記パラメータ： $j$ の最上位値： $S$ は、当該光学面に入射する光束の主走査方向の光束径を $L_m$ とすると、略「 $L_Y/L_m$ 」である。例えば、 $L_Y=100\text{mm}$ 、 $L_m=1\text{mm}$ とすれば、 $S \doteq 100$ である。

従って、「面精度」は、 $2A_1, 2A_2, 2A_3, 2A_4, \dots, 2A_{S-1}, 2A_S$ という「一連の数値」で表すことができる。このように得られる「一連の数値の集合」である面精度を $\sigma_i(m_j)$ と表すことができる。「 $i$ 」は $i$ 番目の光学面であることを示し、「 $m_j$ 」は面精度が波数： $m_j$ に対応するものであること、即ち「 $2A_j$ 」を意味する。波数： $m_j$ は位相： $2\pi$ 内に幾つの波(余弦波)があるかを表すから、光学面における空間周波数に対応し、空間周波数： $1/L$ (本/m)に換算できる。

【0017】

光走査は、前述の「想定したスポット径」で行われることが理想であるが、実際には、前述した光学系の組み付け誤差や、光学系の加工誤差、環境変動等が原因して、偏向光束が結像する像面は理想上の像面(被走査面と実質的に一致する)

に対して被走査面に直交する方向へずれる。これが「像面変動」である。

偏向光束は像面上に結像するから、スポット径は像面上で最小となるが、像面変動があると、像面と被走査面との乖離（デフォーカス）が生じるので、被走査面上に形成される現実の光スポットのスポット径は、想定したスポット径と異なるものとなり像面変動に応じて変動する。

この場合に、スポット径変動の許容範囲として「スポット径が、想定したスポット径より、例えば 10% 大きい値より小さい範囲」を設定したとき、像面変動に伴う被走査面上でのスポット径の変動が上記許容範囲内となる範囲を「深度余裕」という。

例えば、図 3 (a) は、主走査方向のスポット径が、像面変動によるデフォーカス(横軸：単位 mm 被走査面と像面とのずれ)により、「どのように変動するか」を種々の像高に対して示したものである。この例で、主走査方向の想定されたスポット径は  $30\ \mu\text{m}$  であり、それより 10% 小さい  $27\ \mu\text{m}$  を「狙いのスポット径」として設計が行われている。スポット径の変動が  $33\ \mu\text{m}$  以下（想定されたスポット径である  $30\ \mu\text{m}$  の 10% 増し）となる領域が、図の「深度余裕」である。深度余裕の定義から明らかなように、深度余裕が大きいほど、光走査装置は、組み付け誤差や加工誤差、環境変動に影響されにくい。

深度余裕を「 $2d$ 」とすると、これは狙いとするスポット径： $\omega$  と光束の波長： $\lambda$  に依存し、良い精度で、

$$2d \doteq 1.49 \omega^2 / \lambda \quad (7)$$

と表すことができる。

【0018】

像面変動の原因となるものは、先に①～⑤として列挙したが、これらのうちで面精度を除く原因①～④による像面変動の「余裕」としては、深度余裕の  $3/4$  程度が見込まれることが経験上知られている。すると、面精度に起因する像面変動の余裕は「深度余裕の  $1/4$  程度」ということになる。

そこで、この発明においては、面精度に起因する像面変動の余裕を「深度余裕の  $1/4$ 」と規定し、この余裕を走査結像光学系を構成する光学素子の個々の光学面(屈折面・結像反射面)に均等に割り振る。

即ち、光学面数が  $k$  であるとし、各光学面における面精度に起因する像面変動を  $\Delta i$  ( $i = 1 \sim k$ ) とする。このとき全光学面による寄与は、加算的であることを鑑みると、全光学面の面精度に起因する像面変動量： $\delta$  は

$$\delta = \sqrt{(\sum \Delta i^2)} \quad (8)$$

と表すことができるので、各光学面に均等に割り振られた像面変動量の余裕： $\Delta$  を「 $\delta / \sqrt{k}$ 」と書くことができる。 $\delta$  を、前述の「深度余裕の  $1/4$ 」即ち  $d/2$  とすると、「 $d/2 \doteq 1.49 \omega^2 / 4\lambda = 0.3725 \omega^2 / \lambda$ 」であるから、光学面の 1 面あたりに許容される「面精度に起因する像面変動の余裕： $\Delta$ 」は、

$$\Delta = 0.3725 \omega^2 / \lambda \sqrt{k} \quad (9)$$

となる。

前述したように、面精度として特定される「設計上の光学面からのずれ」は、種々の波数： $m_j$  で振幅： $A_j$  をもつ余弦関数の集合であり、各余弦関数に従う凹凸は、光学面としては「それ自体が屈折面もしくは結像反射面」として作用する。このため、面精度で特定されるような「うねり」が光学面に存在すると、このような「うねり」は光学的効果として、走査結像素子の主走査方向の焦点距離： $f_m$  を変化させるように作用する。即ち、上記「うねり」自体が焦点距離を有することになる。

【0019】

ある光学面における「面精度に起因する像面変動」の余裕は「 $\Delta$ 」であるが、余裕： $\Delta$  分の像面変動が、該光学面の「うねり自体の持つ焦点距離」の作用でもたらされると考えると、うねり自体の持つ焦点距離： $f_\sigma$  は、

$$f_\sigma = (f_m^2 / \Delta) - f_m \quad (10)$$

で与えられる。この焦点距離： $f_\sigma$  が「面精度： $\sigma_i$  による主走査方向の焦点距離： $f_\sigma$ 」に他ならない。

(10) 式における「 $\Delta$ 」に、(9) 式の右辺を代入すると、

$$(3) \quad f_\sigma = \{2.6846 \lambda \sqrt{k} f_m^2 / \omega^2\} - f_m$$

が得られる。

ここで、考えている光学面がレンズ面である場合「レンズ面のうねりの効果が

焦点距離： $f\sigma$ に等しくなるようなレンズ面の精度（臨界面精度）」を、当該レンズ面における主走査方向の空間周波数： $1/L$ の関数： $\sigma_0(1/L)$ と表すと、これは、良い近似で、

$$\sigma_0(1/L) = L^2 / \{ (n-1) 32 f \sigma \} \quad (11)$$

と表すことができる。

(11) 式の両辺の常用対数を取ると、

$$\log \sigma_0(1/L) = -2 \log(1/L) + \log [1 / \{ 32 f \sigma (n-1) \}] \quad (12)$$

が得られる。

従って、レンズ面の面精度： $\sigma_i(m_j)$  ( $j=1, 2, 3, \dots, S$ ) は、中間周波及び高周波の空間周波数： $1/L$ の範囲内において、

$$\log \sigma_i(m_j) < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{ 32 f \sigma (n-1) \}]$$

を満足しなければならない。ここで、空間周波数の連続領域を考えるので、面精度： $\sigma_i(m_j)$ における「 $m_j$ 」を省略して、

$$\log \sigma_i < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{ 32 f \sigma (n-1) \}] \quad (13)$$

とすることができる。また、面精度が0でなければ「 $\log \sigma_i$ 」は必ず0より大きいから、

(1)  $0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{ 32 f \sigma (n-1) \}]$  が得られることになる。

【0020】

図6を参照すると、図の横軸は「 $\log(1/L)$ 」を表し、図の左方へ行くほど空間周波数は低くなる。縦軸は「 $\log \sigma_i$ 」を表している。そして、斜めの直線61は方程式：

$$\log \sigma_0(1/L) = -2 \log(1/L) + \log [1 / \{ 32 f \sigma (n-1) \}]$$

を表している。

曲線：62および63は面精度を2例示している。

即ち、これら曲線62、63は、レンズ面の面精度： $\sigma_i(m_j)$ を、空間周波数目盛りに換算して  $j=1 \sim S$  についてプロットし「それを滑らかに連結」させたものである。

曲線 62 で表される面精度は、上記 (1) 式を空間周波数： $1/L$  の全領域で満足しているの、あるレンズ面の面精度が「このようなもの」であれば、このレンズ面の面精度に起因する像面変動は前記「像面変動の余裕： $\Delta$ 」内に収まることになる。

従って、請求項 22 に記載の走査結像光学系に含まれる 1 以上のレンズにおいて、その各レンズ面の精度が (1) 式を満足するなら、そのようなレンズは走査結像光学系を構成するレンズとして「合格品」であることになる。

これに対し、図 6 の「曲線 63 が表す面精度」は、比較的高い空間周波数の部分に式 (1) を満足しない部分 63A を有している。従って、このような面精度を持つレンズ面では、面精度に起因する像面変動が余裕： $\Delta$  内に収まらない。走査結像光学系の 1 以上の光学面で (1) 式が満たされない場合には、面精度に起因する像面変動が余裕： $\Delta$  を越え、スポット径の変動範囲が深度余裕を越えてしまい、問題としている「濃度むらが顕著に発生する」おそれがある。

ところで、前述したように、濃度むらの周波数を空間周波数「本/mm」で表した場合、画像を見る人の目に対して「目立ちやすい」のは、人の目の「視覚特性」からすると、およそ「0.1～5 本/mm」の空間周波数領域の濃度むらであるとされている。

#### 【0021】

一方において、走査結像光学系に含まれるレンズの各レンズ面の「主走査方向の有効幅」は、被走査面上における有効走査幅：1 に対して 0.1～0.7 程度である。そして、これらレンズに入射する光束（偏向光束）の主走査方向の光束幅：W は、およそ 10 mm～1 mm の範囲にある。そこで、レンズ面上における上記光束径：W を空間周波数に換算してみると、0.1～1 本/mm であり、レンズ面上の光束径：W の空間周波数の 1.4～10 倍が、被走査面、換言すれば記録画像面における空間周波数に対応するものと考えられるが、上記 (1) 式の最右辺に現れる空間周波数： $1/L$  は、対数関数の変数であることを考えると、

(1) 式で与えられる条件において、直接的な役割を果たすのは空間周波数それ自体ではなく、その常用対数値である。このため、空間周波数の対数をとった、 $\log(1/L)$  の値においては、レンズ面での空間周波数と、その 1.4～1



0 倍程度である「被走査面上の空間周波数」に、実質的な差異は考える必要がない。

このように考えると、記録画像の濃度むらで「人の目に目立ち易い空間周波数領域：0. 1～5 本/mm」は、レンズ面上における面精度を考える際にも、適用できる空間周波数範囲である。

また、レンズ面において光束径：W より小さい領域では、像面変動に対する影響として「波面収差」の影響が支配的になる。このため、レンズ面の面精度における周波数成分のうち「光束径：W より周期の短いもの」は像面変動に対する影響が空間周波数によらず略一定になると考えられる。

従って、前記（1）式を満足すべき領域において、任意のレンズ面に入射する光束の主走査方向の光束径：W に対応する空間周波数： $1/W$ 以下の空間周波数の領域に付いては、空間周波数： $1/L$ に対して空間周波数に依存することなく、該レンズ面の面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f \sigma$ 、屈折率： $n$ が、

（2）  $0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/W) + \log [1 / \{3 2 f \sigma (n - 1)\}]$   
なる条件を満足すればよいことになる。

図 6 に符号 6 4 で示す鎖線の直線が（2）式を表している。直線 6 4 と直線 6 1 との交点が上記空間周波数： $1/W$ に対応する。

従って、請求項 2 3 記載の走査結像光学系に含まれる任意のレンズにおいて、各レンズ面の面精度が、空間周波数： $1/W$ より低い空間周波数に対して（1）式を満足し、 $1/W$ より高い空間周波数に対して（2）式を満足するならば、このようなレンズは、走査結像光学系用のレンズとして「合格品」である。

#### 【0 0 2 2】

これまで、走査結像光学系に含まれるレンズの面精度につき説明してきた。

走査結像光学系には、レンズのみならず、結像機能を持つ結像ミラーを含めることもでき、この場合、前述した光学面は結像反射面となる。

このような結像反射面の面精度も上に説明した「面精度」で定義でき、レンズ面の面精度条件（1）式、（2）式を導くプロセスも同様である。

この場合、結像反射面のうねりの効果が前記焦点距離： $f \sigma$ に等しくなるような結像反射面の精度（臨界面精度）を、当該結像反射面における主走査方向の空

間周波数： $1/L$ の関数： $\sigma_0(1/L)$ と表すと、良い近似で、

$$\sigma_0(1/L) = L^2 / (64 f \sigma) \quad (11A)$$

と表すことができ、この場合に、面精度： $\sigma_i$  (結像反射面)が満足すべき条件は、前記(1)式に代えて、

$$(1A) \quad 0 < \log \sigma_i \text{ (結像反射面)} \\ < -2 \log(1/L) + \log[1/(64 f \sigma)]$$

となり、前記(2)式に代えて、

$$(2A) \quad 0 < \log \sigma_i \text{ (結像反射面)} \\ < -2 \log(1/W) + \log[1/\{64 f \sigma\}]$$

となる。これら、(1A)，(2A)式は、走査結像光学系が「結像ミラーのみで構成される場合」にも適用できる式である。その場合、光学面の面数： $k$ は、結像反射面の数になる。

### 【0023】

走査結像光学系を構成する光学素子(レンズ、結像ミラー)の光学面を、金駒を用いて形成する場合を考えると、作製された各金駒により光学素子を試作する。

このように試作された光学素子の各光学面を測定し、前述の如くして面精度を特定する。そして光学素子の「各光学面の面精度」が上記の式(1)又は(2)を満足するか(光学面がレンズ面の場合)、あるいは式(1A)または(2A)を満足するか(光学面が結像反射面の場合)を調べる。その結果、各面精度が各条件を満足していれば、試作された光学素子は「合格品」である。そしてこの場合「金駒自体も合格品である」ことになる。即ち、上記各条件は「金駒の適否」を判定する条件としても用いることができる。

逆に、面精度が上記各条件を満足しない場合は、その光学素子是不合格品であり、その面の形成に用いた金駒は面精度が十分でないことになる。このような場合、金駒の成形面を補正することにより、金駒の成形面を適正化できる。レンズ面の面精度が図6の曲線63の如くであった場合、式(1)、(2)を満足しない部分63の近傍の空間周波数を「スムージング処理」により加工し直すことにより、成形面を適正化できる。

先にも説明したように、「低周波のうねり」は等速特性やスポット径の変動に影響するが、変動の空間周期が長いので、低周波のうねりに起因する濃度むらは人の目に殆ど認められない。

従って、理想的には、走査結像光学系に含まれる各光学面において、前述の条件(1)、(2)や(1A)、(2A)が満足されることが好ましいが、実際的な見地、即ち、形成された画像に「人間の目に付き易い0.1～5本/mmの空間周波数の範囲の濃度むら」が現れなければよい、という立場からすると、上記の条件は緩和することができる。

#### 【0024】

請求項39～41記載の光走査装置は、このような立場から成された発明である。即ち、請求項39記載の光走査装置では、前述の如く、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、偏向光束における主走査方向のビームウェスト位置の、被走査面に対する変動： $\Delta$ を空間周波数成分に分解したとき、空間周波数( $1/L$ ：本/mm)の範囲：

$$0.1 < (1/L) < 5$$

において、上記変動： $\Delta$ が、条件：

$$(20) \quad \{\Delta \cdot \lambda / \omega^2\} < 0.4$$

を満足するのである。

前述したように、深度余裕： $2d$ は、狙いとするスポット径： $\omega$ と光束の波長： $\lambda$ に依存し、良い精度で、

$$2d \doteq 1.49 \omega^2 / \lambda \quad (7)$$

と表されるので、深度余裕の略1/4を走査結像光学系の光学面の形状誤差に起因するものとして許容されるものとする、これは、 $(1.49 \omega^2 / \lambda) / 4 = 0.37 \omega^2 / \lambda \doteq 0.4 \omega^2 / \lambda$ となるので、これから、変動： $\Delta$ の満足すべき条件として、上記条件(20)が得られることになる。

#### 【0025】

請求項40記載の光走査装置では、前述した「記録画像の濃度むらで、人の目に目立ち易い空間周波数領域：0.1～5本/mmは、レンズ面上における面精

度を考える際にも適用できる空間周波数範囲である」との知見に基づき、走査結像光学系の各レンズ面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、各レンズ面において、レンズ面の面精度： $\sigma$ 、面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ 、上記レンズ面を有するレンズの屈折率： $n$ が、

上記レンズ面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件：

$$(21) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足し、上記光束幅： $W$ 以下においては、条件：

$$(22) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log [1 / \{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足するようにすることにより、人の目に目立ち易い、 $0.1 < (1/L) < 5$ の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲の濃度むらの発生を抑えるのである。

また、請求項41記載の光走査装置では、走査結像光学系の各ミラー面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、各ミラー面において、ミラー面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ が、ミラー面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件：

$$(23) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{64f\sigma\}]$$

を満足し、光束幅： $W$ 以下においては、条件：

$$(24) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log [1 / \{64f\sigma\}]$$

を満足することにより、人の目に目立ち易い、 $0.1 < (1/L) < 5$ の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲の濃度むらの発生を抑えるのである。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、具体的な実施の形態を説明する。

図1に、光走査装置の、実施の1形態の光学配置を示す。

半導体レーザである光源1から放射された光束はカップリングレンズ2により「以後の光学系に適した光束形態（平行光束や収束光束、発散光束等）」に変換

され、アパーチャ 2 A によりビーム整形され、「線像結像光学系」としてのシリンドリカルレンズ 3 により副走査方向（図面に直交する方向）に収束されて「光偏向器」としての回転多面鏡 4 の偏向反射面近傍に、主走査方向に長い線像として結像する。

偏向反射面による反射光束は、回転多面鏡 4 の等速回転に伴い等角速度的に偏向され（図は回転多面鏡 4 の回転に伴う偏向反射面の回転状況と、各偏向反射面位置における偏向光束とを示している）、「走査結像光学系」を構成する 2 枚のレンズ L 1, L 2 を透過し、これらレンズ L 1, L 2 の作用により、被走査面 7（実体的には光導電性の感光体の感光面等）上に光スポットとして集光し、被走査面 7 を光走査する。

なお、光源から被走査面に至る光路は、光走査装置の実際のレイアウトに従い、適宜の平面鏡により光路を屈曲される。

図 9 に、光走査装置の、実施の別形態の光学配置を図 1 に倣って示す。混同の虞がないと思われるものについては、図 1 におけると同一の符号を用いた。

#### 【 0 0 2 7 】

半導体レーザである光源 1 から放射された光束はカップリングレンズ 2 により「以後の光学系に適した光束形態」に変換され、アパーチャ 2 A によりビーム整形され、「線像結像光学系」としてのシリンドリカルレンズ 3 により副走査方向に収束されて「光偏向器」としての回転多面鏡 4 の偏向反射面近傍に、主走査方向に長い線像として結像する。

偏向反射面による反射光束は、回転多面鏡 4 の等速回転に伴い等角速度的に偏向され、「走査結像光学系」を構成する結像ミラー M 1 と長尺レンズ L 3 とを介して被走査面 7 に導光され、結像ミラー M 1 の反射結像作用と長尺ミラー L 3 の屈折結像作用により、被走査面 7 上に光スポットとして集光し、被走査面 7 を光走査する。この実施の形態の場合も、光源から被走査面に至る光路は、光走査装置の実際のレイアウトに従い、適宜の平面鏡により光路を屈曲される。

以下、図 1 に示した光学配置に関する具体的な数値例を挙げる。

以下に挙げる数値例における「レンズ面形状を特定するための表現式」を説明する。ただし、この発明の内容は以下の表現式に限定されるものではない。

レンズ面を表現するにあたり、レンズ面近傍における主走査方向の座標を Y、副走査方向の座標を Z とし、これらの原点を通る X 方向を光軸に取る。

レンズ面の一般式を、

$$f(Y, Z) = f_m(Y) + f_s(Y, Z) \quad (13)$$

とする。

ここに、右辺第 1 項の  $f_m(Y)$  は「主走査断面（光軸に相当する基準軸を通り、主走査方向に平行な仮想的な平断面）内の形状」を表し、第 2 項の  $f_s(Y, Z)$  は、主走査方向における座標：Y の位置における副走査断面（主走査方向に直交する仮想的な平断面）内における形状を表す。

以下では、上記主走査断面内の形状： $f_m(Y)$  として、周知の非円弧形状の式、即ち、光軸における主走査断面内の近軸曲率半径： $R_m$ 、光軸からの主走査方向の距離： $Y$ 、円錐常数： $K_m$ 、高次の係数： $A_{m1}$ ,  $A_{m2}$ ,  $A_{m3}$ ,  $A_{m4}$ ,  $A_{m5}$ ,  $A_{m6}$ ,  
・ ・ ・ を用い、光軸方向のデプス： $X$  を次の多項式で表す。

$$f_m(Y) = (Y^2 / R_m) / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + K_m)(Y / R_m)^2\}}] + \\ + A_{m1} \cdot Y + A_{m2} \cdot Y^2 + A_{m3} \cdot Y^3 + A_{m4} \cdot Y^4 + A_{m5} \cdot Y^5 + A_{m6} \cdot Y^6 + \quad (14)$$

(14) 式で、奇数次の係数： $A_{m1}$ ,  $A_{m3}$ ,  $A_{m5}$  ・ ・ の何れかが 0 でないとき、非円弧形状は「主走査方向に非対称形状」となる。実施例では偶数次のみを用いており、主走査方向に对称である。

また、上記  $f_s(Y, Z)$  は、以下のように表す。

$$f_s(Y, Z) = (Y^2 \cdot C_s) / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + K_s)(Y \cdot C_s)^2\}}] + \\ + (F_0 + F_1 \cdot Y + F_2 \cdot Y^2 + F_3 \cdot Y^3 + F_4 \cdot Y^4 + \dots) \cdot Z \\ + (G_0 + G_1 \cdot Y + G_2 \cdot Y^2 + G_3 \cdot Y^3 + G_4 \cdot Y^4 + \dots) \cdot Z^2 \\ + (H_0 + H_1 \cdot Y + H_2 \cdot Y^2 + H_3 \cdot Y^3 + H_4 \cdot Y^4 + \dots) \cdot Z^3 \\ + (I_0 + I_1 \cdot Y + I_2 \cdot Y^2 + I_3 \cdot Y^3 + I_4 \cdot Y^4 + \dots) \cdot Z^4 \\ + (J_0 + J_1 \cdot Y + J_2 \cdot Y^2 + J_3 \cdot Y^3 + J_4 \cdot Y^4 + \dots) \cdot Z^5 + \dots \quad (15)$$

ここに、

$$C_s = (1 / R_{s0}) + B_1 \cdot Y + B_2 \cdot Y^2 + B_3 \cdot Y^3 + B_4 \cdot Y^4 + B_5 \cdot Y^5 + \dots \quad (16)$$

$$K_s = K_{s0} + C_1 \cdot Y + C_2 \cdot Y^2 + C_3 \cdot Y^3 + C_4 \cdot Y^4 + C_5 \cdot Y^5 + \dots \quad (17)$$

であり、「 $R_{s0}$ 」は、光軸を含む副走査断面内における近軸曲率半径である。

Yの奇数乗係数：B1, B3, B5・・・の何れかが0以外するとき、副走査断面内の曲率が主走査方向に非対称となる。

同様に、係数：C1, C3, C5,・・・, F1, F3, F5・・・, G1, G3, G5・・・等、非円弧量を表す「Yの奇数乗係数」の何れかが0以外であるとき、副走査方向の非円弧量が主走査方向に非対称となる。

数値例では、レンズL1の入射面(1面)と、レンズL2の出射面(4面)において「副走査断面内の曲率を非対称」としている。レンズL2の出射面(4面)は、副走査断面内で非円弧形状となっている。また、レンズL1, L2ともプラスチックレンズである。

#### 【0028】

##### 数値例1

光源1は半導体レーザで発光波長：780nmである。カップリングレンズ2のカップリング作用は「コリメート作用」であり、カップリングレンズから射出する光束は平行光束となる。

アパーチャ2Aの開口幅は、主走査方向：9.0mm、副走査方向：1.6mmである。

シリンドリカルレンズ3は焦点距離：58.7mmのものである。

回転多面鏡4は、偏向反射面数：5、内接円半径：20mmのもので、回転中心と偏向起点（偏向光束の主光線が、レンズL1, L2の光軸と平行になるときの、上記主光線と偏向反射面との交点位置）とは、上記光軸方向に距離： $m = 18.475$ mm離れ、主走査方向には距離： $h = 8.0$ mm離れて配備される。

「偏向光束の主光線がレンズL1, L2の光軸と平行になる状態」において、上記主光線と「光源側から偏向反射面に入射する光束の主光線」とがなす角（以下、「回転多面鏡への入射角」と呼ぶ）は60度である。画角は、-38度～+38度である。

上記近軸曲率半径（mm）： $R_m$ ,  $R_{s0}$ 、光軸上の面間隔（mm）： $x$ 、レンズ材質の屈折率： $n$ に対するデータを以下に挙げる。

面番号	$R_m$	$R_{s0}$	$x$	$n$
偏向反射面 0	$\infty$	$\infty$	72.560	1

レンズ L 1	1	1616.426	-50.145	35.0	1.52398
	2	-146.513	-199.813	61.933	1
レンズ L 2	3	400.875	-72.026	14.0	1.52398
	4	824.882	-27.588	160.556	1

1 面は「副走査断面内の曲率半径が主走査方向に非対称な特殊トロイダル面」であり、2 面および 3 面は「特殊トロイダル面」、4 面は「副走査断面内の形状が非円弧形状で、この非円弧形状が主走査方向に非対称に変化する特殊トロイダル面」である。「特殊トロイダル面」は、副走査断面(主走査方向に直交する仮想的な断面)内の曲率が、主走査方向において変化するトロイダル面である。

#### 【 0 0 2 9 】

上記 1 面～4 面に対するレンズ面形状を特定するための上記各係数の値を以下に示す。なお、以下の表記において、例えば「E+2」は「1 0 の 2 乗」を、例えば「E-13」は「1 0 の - 1 3 乗」を表す。

##### 1 面 (偏向器側レンズの入射面)

$R_m=1616.426, K=1.9758E+2, A_m4=1.2807E-8, A_m6=-6.3739E-13, A_m8=-9.4279E-17,$   
 $A_m10=5.9653E-21$   
 $R_{so}=-50.145, B_1=-1.1619E-5, B_2=2.2760E-6, B_3=2.7143E-9, B_4=-1.5441E-10,$   
 $B_5=-4.2654E-13, B_6=6.4174E-15, B_7=9.1795E-19, B_8=-1.2300E-19,$   
 $B_9=1.4532E-20, B_{10}=-1.8814E-22, B_{11}=-1.4681E-24, B_{12}=-2.6702E-26$

##### 2 面 (偏向器側レンズの射出面)

$R_m=-146.513, K=-1.8570E-1, A_m4=1.7743E-8, A_m6=1.3838E-13, A_m8=-4.3545E-17,$   
 $A_m10=7.1684E-21$   
 $R_{so}=-199.813, B_2=-2.1247E-6, B_4=1.8045E-11, B_6=2.7156E-14, B_8=6.9237E-19,$   
 $B_{10}=-2.6853E-22, B_{12}=-5.7783E-26$

##### 3 面 (被走査面側レンズの入射面)

$R_m=400.875, K=-1.2603E+1, A_m4=-7.3492E-9, A_m6=-2.1056E-13,$   
 $A_m8=8.1727E-18, A_m10=5.4093E-22, A_m12=-1.0819E-26, A_m14=-2.0391E-32$   
 $R_{so}=-72.026, B_2=-1.9618E-7, B_4=2.2296E-11, B_6=-1.0216E-15,$   
 $B_8=1.0811E-20, B_{10}=6.3632E-25, B_{12}=-3.6449E-29$



## 4 面 (被走査面側レンズの射出面)

$R_m=824.882, K=-7.1067E+1, A_m4=-1.3238E-8, A_m6=9.6624E-14,$   
 $A_m8=1.8875E-17, A_m10=-3.1016E-22, A_m12=7.2979E-27, A_m14=2.3052E-32$   
 $R_{so}=-27.588, B_1=-8.5460E-7, B_2=4.1615E-7, B_3=-2.5226E-11, B_4=-2.9599E-11,$   
 $B_5=2.1135E-16, B_6=1.1604E-15, B_7=4.3715E-22, B_8=-1.0981E-21,$   
 $B_9=5.5597E-24, B_{10}=-7.7846E-25, B_{11}=-1.6169E-29, B_{12}=3.2622E-30$   
 $K_{s0}=-3.9399E-1, C_1=1.7960E-4, C_2=2.4246E-6, C_3=4.4377E-8, C_4=4.5838E-10,$   
 $C_5=-2.4380E-12, C_6=-3.3957E-14, C_7=4.1317E-17, C_8=6.8052E-19$   
 $I_0=2.8688E-6, I_1=4.0115E-11, I_2=1.6903E-11, I_3=3.5723E-14, I_4=-8.7422E-15,$   
 $I_5=1.9643E-18, I_6=8.6034E-19, I_7=6.1604E-23, I_8=-3.3469E-23,$   
 $I_9=-3.6931E-28, I_{10}=4.5355E-28$   
 $K_0=-1.5263E-9, K_1=-3.1009E-11, K_2=-8.9028E-12, K_3=5.0172E-14,$   
 $K_4=3.2408E-15, K_5=-7.7026E-18, K_6=-4.1043E-19, K_7=5.1175E-22,$   
 $K_8=2.3678E-23, K_9=-1.5500E-26, K_{10}=-6.3709E-28, K_{11}=1.7480E-31,$   
 $K_{12}=6.5028E-33$

【 0 0 3 0 】

図 2 に、実施例に関する像面湾曲 (実線は副走査方向、破線は主走査方向) および等速度性 (実線はリニアリティ、破線は  $f \theta$  特性) を示す。これらの図から明らかなように、数値例 1 は像面湾曲・等速度性とも極めて良好である。

即ち、数値例 1 の走査結像光学系は、設計通りに実施すれば、上記の如く良好な光学性能を実現できる。

実施例では、光スポットの「狙いとするスポット径」は、主・副走査方向とも「 $27 \mu m$ 」であり、主・副走査方向の「深度余裕」は、図 3 (A), (B) に示す如くである。また、走査結像光学系としての主走査方向の焦点距離:  $f_m = 225.3 mm$  である。

$\omega = 27 \mu m$ 、 $\lambda = 780 nm$  を用い、前述の (7) 式を用いて計算すると、深度余裕は  $1.4 mm$  程度である。

また、光学面の面数:  $k = 4$  であるからレンズ面 1 面当たりの「面精度に起因する像面変動の余裕:  $\Delta$ 」は、(9) 式を用いて、

$\Delta = 0.3725 \times 27 \times 27 / (0.78\sqrt{4}) = 174 \mu\text{m} = 0.174 \text{ mm}$ となる。

また「うねり自体の持つ焦点距離： $f\sigma$ 」は、(3)式において、上記  $f_m = 225.3 \text{ mm}$ 、 $\omega = 27 \mu\text{m}$ 、 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 、 $k = 4$  を用いて計算すると、  
 $f\sigma = 291092 \text{ mm}$

と求まる。また「 $\log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$ 」は、 $f\sigma = 2910192 \text{ mm}$ 、 $n = 1.52398$  を用いて計算すると、 $-6.668150$ となる。

従って、レンズ  $L_1$ 、 $L_2$  の各レンズ面は、(1)式として、

$$0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/L) - 6.668150$$

を、各空間周波数に対して満たす必要がある。

また、レンズ  $L_1$ 、 $L_2$  の各面に入射する光束の主走査方向の光束径： $W$ は、1面および2面に対しては、 $W = 9 \text{ mm}$ （カップリングレンズの作用がコリメート作用であり、アパーチャ  $2A$  の開口幅が主走査方向に  $9.0 \text{ mm}$  であることによる）であり、3面および4面に対しては  $7 \text{ mm}$  である。

これらの光束径： $W$ を用いると、(2)式を満足する面精度は、1面及び2面につき、 $1/L = 1/9 = 0.11$  より高い空間周波数領域に対し、面精度： $\sigma_1 < 17 \text{ nm}$ 、 $\sigma_2 < 17 \text{ nm}$  である必要があり、3面及び4面につき、 $1/L = 1/7 = 0.14$  より高い空間周波数領域に対し、面精度： $\sigma_3 < 10 \text{ nm}$ 、 $\sigma_4 < 10 \text{ nm}$  である必要があることが分かる。

従って、実施例の走査結像光学系では、上記面精度の条件が満足されるように金駒を作成して各レンズ面の精度を確保するのである。

図5に、上記数値例におけるレンズ  $L_1$  の入射側の面（1面）に対する、(1)式および(2)式の上限を表す直線を示す。面精度は、これらの線より下側の領域にあれば良い。

### 【0031】

実用的見地（人の目に目立ち易い空間周波数領域の濃度むらが現れなければ良い）からすれば、各レンズ面の精度は「レンズ面上における  $0.1 \sim 5 \text{ 本/mm}$  の空間周波数領域」において、光束径： $W$  に対応する空間周波数： $1/W$  より低周波数領域では条件(21)を満足し、 $1/W$  より高周波数領域では条件(22

）が満足されるようにすれば良い。

実際に成形により形成したレンズL1の第1面につき、面精度を測定した例を図8に示す。この図から明らかなように「実際に形成された第1面」は、低空間周波数の領域で(1)式の条件を満足してはいないが、空間周波数： $1/L$ が0.1～5本/mmの領域では、条件(21)、(22)が満足されており、従って、第1面に関しては、実用上問題ないことが分かる。

#### 【0032】

##### 数値例2

図9に示した光走査装置の具体的な数値例を挙げる。

#### 【0033】

光源1は半導体レーザで発光波長：780nmである。カップリングレンズ2から射出する光束は弱い発散性の光束となる。

アパーチャ2Aの開口幅は、主走査方向：9.0mm、副走査方向：1.6mmである。

シリンドリカルレンズ3は焦点距離：58.7mmのものである。

回転多面鏡4は、偏向反射面数：6、内接円半径：18mmのもので、回転中心と偏向起点とは、上記光軸方向に距離： $m = 16.5\text{mm}$ 離れ、主走査方向には距離： $h = 7.4\text{mm}$ 離れて配備される。回転多面鏡への入射角は60度である。画角は、 $-43^\circ \sim +43^\circ$ である。光源側から回転多面鏡4の偏向反射面に入射する光束は主走査方向には発散性で、その発散の起点（入射光束が、主走査方向に自然に発散して偏向反射面に入射すると考えたときの、発散が開始する位置）は、偏向反射面から光源側に向かって「1328mm」の位置にある。

回転多面鏡4の偏向反射面から、結像ミラーM1迄の距離をd1、結像ミラーM1から長尺レンズL3の入射面までの距離をd2、長尺レンズL3の肉厚をd3、長尺レンズL3の射出面から被走査面までの距離をd4とする。

長尺レンズL3の屈折率をnとする。結像ミラーM1は共軸非球面であり、光軸方向にX座標、光軸と直交する方向にY座標をとるとき、光軸上の曲率半径：

R、円錐定数：K、高次の非球面係数：A, B, C, Dを用いて

$$X = (1/R) Y^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + K) (Y/R)^2\}}]$$

$$+ A \cdot Y^4 + B \cdot Y^6 + C \cdot Y^8 + D \cdot Y^{10}$$

で表せる曲線を光軸の回りに回転して得られる曲面である。

長尺レンズL3は、射出側の面が主走査方向に関する曲率半径： $r_{2m}$ 、副走査方向に関する曲率半径： $r_{2s}$ をもつノーマルトロイダル面であり、入射側の面は「光軸方向の座標 $x$ 、主走査対応方向に関する中心曲率半径： $r_{1m}$ 、円錐定数： $k$ 、中心から主走査対応方向に測った距離： $y$ 、高次の非球面係数： $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ を用いて、

$$x = (1/r_{1m}) h^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (1+k) (h/r_{1m})^2\}}] + a \cdot y^4 + b \cdot y^6 + c \cdot y^8 + d \cdot y^{10}$$

で表される曲線を、主走査対応方向に平行で中心からの距離： $r_{1s}$ 離れた直線の回りに回転して得られる面」である。

【0034】

結像ミラーM1の鏡面形状：

$$R = -370.8, K = -1.5014,$$

$$A = 5.4435E-10, B = -3.0659E-14,$$

$$C = -4.2511E-18, D = 1.5704E-22$$

長尺ミラーL3の入射側面の形状：

$$r_{1m} = 628, r_{1s} = 60, k = 1.4494,$$

$$a = -4.2462E-9, b = -9.194E-15,$$

$$c = 9.6508E-18, d = -1.8908E-22$$

長尺レンズL3の射出側面の形状

$$r_{2m} = 700, r_{2s} = 25.69,$$

面間隔：

$$d1 = 114.5, d2 = 118.4, d3 = :3, d4 = 93.7,$$

長尺レンズL3の材質の屈折率：

$$n = 1.5721$$

図10に、数値例2に関する像面湾曲および等速度性を、図2に倣って示す。

また、図11には、数値例2の深度余裕の図を、図3に倣って示す。図10、図11から明らかなように、数値例2は像面湾曲・等速度性とも極めて良好で、良

好な深度余裕を有している。従って、数値例 2 の走査結像光学系は、設計通りに実施すれば、上記の如く良好な光学性能を実現できる。

ここで、 $\lambda = 780 \text{ nm}$ ,  $k = 3$ ,  $\omega = 65 \mu \text{ m}$ ,  $f_m = 185.4 \text{ mm}$ を用いると、

$$\Delta = (0.3725) \times (0.065)^2 / ((780 \times 10^{-6}) \times \sqrt{3}) = 1.17$$

$$f \sigma = (2.6846) \times (780 \times 10^{-6}) \times \sqrt{3} \times (185.4)^2 / (0.065) - (185.4) = 29321$$

となる。

そこで、結像ミラー M1 のミラー面が、実用的見地から満足すべき条件を考えると、結像ミラー M1 上の偏向光束の主走査方向の光束幅： $W = 4 \text{ mm}$ である。

従って、空間周波数： $1/W$ における「 $\log \sigma$ 」は、

$$\log \sigma = -2 \log(1/W) + \log(1/(64 \times f \sigma))$$

であり、この式を満たす面精度： $\sigma$ は  $8.5 \text{ nm}$ となる。即ち、空間周波数： $1/W$ よりも低空間周波数では、面精度： $\sigma$ は、

$$(1A) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/(64 f \sigma)]$$

を満足し、空間周波数： $1/W$ よりも高空間周波数では、

$$(2A) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{64 f \sigma\}]$$

を満たすべきであるが、上記実用的見地からすると、ミラー面上において、空間周波数： $0.1 \sim 5 \text{ 本/mm}$ の範囲内において、面精度： $\sigma$ が、 $1/W$ より低い空間周波数領域では、条件

$$(23) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/\{64 f \sigma\}]$$

を満足し、 $1/W$ より高い空間周波数領域では、条件：

$$(24) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{64 f \sigma\}]$$

を満足すれば良いことになる。

#### 【0035】

図 12 に、実際に作成された具体的な結像ミラーの面精度の図を示す。

この結像ミラーのミラー面は、 $0.1 < (1/L) < 5$ の空間周波数範囲において、面精度： $\sigma$ が、ミラー面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件(23)を満足し、光束幅： $W$ 以下においては、条件(24)を満足し、従って、実用的見地からして合格品である。

#### 【0036】

最後に、図 7 を参照して、画像形成装置の実施の 1 形態を説明する。

この画像形成装置は「レーザプリンタ」である。

レーザプリンタ 1 0 0 は、感光媒体 1 1 1 として「円筒状に形成された光導電性の感光体」を有している。感光媒体 1 1 1 の周囲には、帯電手段 1 1 2（接触式の帯電ローラを例示したが、勿論、コロナチャージャを用いても良い）現像装置 1 1 3、転写手段 1 1 4（接触式の転写ローラを示したが、コロナ放電を利用する方式のものでも良い）、クリーニング装置 1 1 5 が配備されている。

また、レーザ光束 L B による光走査装置 1 1 7 が設けられ、帯電ローラ 1 1 2 と現像装置 1 1 3 との間で「光書込による露光」を行うようになっている。

図 7 において、符号 1 1 6 は定着装置、符号 1 1 8 はカセット、符号 1 1 9 はレジストローラ対、符号 1 2 0 は給紙コロ、符号 1 2 1 は搬送路、符号 1 2 2 は排紙ローラ対、符号 1 2 3 はトレイ、符号 P は記録媒体としての転写紙を示している。

画像形成を行うときは、光導電性の感光体である感光媒体 1 1 1 が時計回りに等速回転され、その表面が帯電手段 1 1 2 により均一帯電され、光走査装置 1 1 7 のレーザ光束 L B の光書込による露光を受けて静電潜像が形成される。形成された静電潜像は所謂「ネガ潜像」であって画像部が露光されている。

この静電潜像は、現像装置 1 1 3 により反転現像され、感光媒体 1 1 1 上にトナー画像が形成される。

転写紙 P を収納したカセット 1 1 8 は、画像形成装置 1 0 0 本体に着脱可能であり、図のごとく装着された状態において、収納された転写紙 P の最上位の 1 枚が給紙コロ 1 2 0 により給紙される。給紙された転写紙 P は先端部をレジストローラ対 1 1 9 に銜えられる。レジストローラ対 1 1 9 は、感光媒体 1 1 1 上のトナー画像が転写位置へ移動するのにタイミングをあわせて、転写紙 P を転写部へ送りこむ。送りこまれた転写紙 P は、転写部においてトナー画像と重ね合わせられ、転写手段 1 1 4 の作用によりトナー画像を静電転写される。トナー画像を転写された転写紙 P は定着装置 1 1 6 へ送られ、定着装置 1 1 6 においてトナー画像を定着され、搬送路 1 2 1 を通り、排紙ローラ対 1 2 2 によりトレイ 1 2 3 上に排出される。トナー画像が転写された後の感光媒体 1 1 1 の表面は、クリーニ

ング装置 115 によりクリーニングされ、残留トナーや紙粉等が除去される。

なお、転写紙に代えて前述の OHP シートを用いることもでき、トナー画像の転写は、中間転写ベルト等の「中間転写媒体」を介して行うようにすることもできる。

光走査装置 117 として、上に数値例を示した走査結像光学系を用いる図 1 や図 9 の如き光走査装置を用いることにより、良好な画像形成を実行することができる。

### 【0037】

上に、図 1、図 2、図 3、図 5 を参照して実施の形態および数値例を説明した光走査装置は、光源 1 側からの波長： $\lambda$  (780 nm) の光束を、光偏向器 4 により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系 L1, L2 により被走査面 7 に向けて集光させて被走査面 7 上に光スポットを形成し、被走査面 7 の光走査を行う光走査装置において、走査結像光学系が少なくとも 1 枚のレンズを有し、走査結像光学系の主走査方向の焦点距離を  $f_m$  ( $=225.3 \text{ mm}$ )、面数を  $k$  ( $=4$ )、像高： $0$  における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$  ( $27 \mu\text{m}$ )、光偏向器 4 の側から数えて第  $i$  番目のレンズ面の面精度を  $\sigma_i$ 、第  $i$  番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を  $n$  ( $=1.52398$ )、上記レンズ面上における主走査方向の空間周波数を  $1/L$ 、波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$  により式：

$$f\sigma = \{2.6846\lambda\sqrt{(k)f_m^2/\omega^2}\} - f_m$$

で定義される、面精度： $\sigma_i$  による主走査方向の焦点距離を  $f\sigma$  とするとき、

面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f\sigma$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数： $1/L$  が、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/L) + \log [1/\{32 f\sigma (n-1)\}]$$

なる条件を満足 (請求項 1) させることにより、走査結像光学系に起因する像面変動を許容範囲に収めることができる。また、光偏向器から数えて第  $i$  番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径を  $W$  とするとき、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f\sigma$ 、屈折率： $n$  が、各レンズ面ごとに、 $(1/W)$  以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

(2)  $0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/W) + \log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$   
 なる条件を満足することにより（請求項2）、高空間周波数での像面変動を許容範囲に収めることができる。

## 【0038】

光源1は半導体レーザであり、光源からの光束はカップリングレンズ2により以後の光学系にカップリングされて光偏向器4により偏向され、走査結像光学系L1、L2に入射し（請求項3）、カップリングレンズ2の作用がコリメート作用である（請求項4）。走査結像光学系は2枚のレンズL1、L2のみで構成されている（請求項5～8）。

また、光偏向器4は偏向反射面を有する回転鏡であり、カップリングされた光束が線像結像光学系3により副走査方向に集光され、偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像され、走査結像光学系L1、L2が、副走査方向に関して光偏向器4による偏向の起点と被走査面7とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系であり（請求項9）、カップリングレンズ2の作用はコリメート作用で（請求項10）、走査結像光学系が2枚のレンズL1、L2のみで構成されている（請求項11～14）。そして、光偏向器4は回転多面鏡である（請求項15）。

そして、上記光走査装置によれば、光源1側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器4により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系L1、L2により被走査面7に向けて集光させて被走査面7上に光スポットを形成し、被走査面7の光走査を行う方法（請求項16）が実施され、さらに、半導体レーザを光源1とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束をカップリングレンズ2を介して光偏向器4に入射させ、光偏向器4により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系L1、L2により被走査面7に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面7の光走査を行う方法（請求項17）が実施される。

さらに、半導体レーザを光源1とし、光源側からの波長： $\lambda$ の光束をカップリングレンズ2により平行光束としたのち光偏向器4に入射させ、光偏向器4により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系L1、L2により被走査面7に向けて集光させて被走査面7上に光スポットを形成し、被走査面7の光走査を行う方法（



請求項 1 8) が実施される。

また、半導体レーザを光源 1 とし、光源側からの波長： $\lambda$  の光束をカップリングレンズ 2 により以後の光学系にカップリングし、カップリングされた光束を、線像結像光学系 3 により副走査方向に集光して、光偏向器 4 としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系 L 1, L 2 により被走査面 7 に向けて集光させて被走査面 7 上に光スポットを形成し、被走査面 7 の光走査を行う方法（請求項 1 9）が実施される。

さらに、半導体レーザを光源 1 とし、光源側からの波長： $\lambda$  の光束をカップリングレンズ 2 により平行光束としたのち線像結像光学系 3 により副走査方向に集光して、光偏向器 4 としての回転鏡の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、偏向光束を走査結像光学系 L 1, L 2 により被走査面 7 に向けて集光させて被走査面 7 上に光スポットを形成し、被走査面 7 の光走査を行う方法（請求項 2 0）が実施される。光偏向器 4 としては、回転多面鏡を用いて光束の偏向を行う（請求項 2 1）。

#### 【 0 0 3 9 】

また、数値例に示した走査結像光学系は、光源 1 側からの波長： $\lambda$  ( $= 780 \text{ nm}$ ) の光束を光偏向器 4 により偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面 7 に向けて集光させて被走査面 7 上に光スポットを形成し、被走査面 7 の光走査を行う光走査装置において用いられる走査結像光学系であって、光走査装置は、走査結像光学系により形成される光スポットの像高： $0$  において狙いとするスポット径を  $\omega$  ( $= 27 \mu\text{m}$ ) とするものであり、少なくとも 1 枚のレンズを有し、主走査方向の焦点距離を  $f_m$  ( $= 226.9 \text{ mm}$ )、面数を  $k$  ( $= 4$ )、光偏向器の側から数えて第  $i$  番目のレンズ面の面精度を  $\sigma_i$ 、第  $i$  番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を  $n$  ( $= 1.52398$ )、上記レンズ面上における主走査方向の空間周波数を  $1/L$ 、波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$  により式：

$$f_{\sigma} = \{ 2.6846 \lambda \sqrt{(k) f_m^2 / \omega^2} \} - f_m$$

で定義される、面精度： $\sigma_i$  による主走査方向の焦点距離を  $f_{\sigma}$  ( $291092 \text{ mm}$ ) とするとき、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f_{\sigma}$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数：

1/Lが、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/L) + \log[1/\{32 f \sigma(n-1)\}]$$

なる条件を満足するように各レンズ面を形成されるものであり（請求項22）、さらに、光偏向器から数えて第*i*番目のレンズ面に入射する偏向光束の主走査方向の光束径をW（*i* = 1, 2に対して9mm、*i* = 3, 4に対して7mm）とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f \sigma$ 、屈折率： $n$ が、各レンズ面ごとに、（1/W）以下の空間周波数に対して空間周波数に依存することなく、

$$(2) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log(1/W) + \log[1/\{32 f \sigma(n-1)\}]$$

なる条件を満足するように各面を形成されることができる（請求項23）。

そして、走査結像光学系に入射する光束は、半導体レーザからカップリングレンズ2と光偏向器4とを介した光束で（請求項24）、カップリングレンズ2の作用はコリメート作用であり（請求項25）、2枚のレンズL1、L2のみで構成され（請求項26～29）、副走査方向に関して光偏向器4による偏向の起点と被走査面7とを幾何光学的な共役関係とするアナモフィックな光学系で（請求項30）、主走査方向において平行光束である偏向光束を入射される（請求項31）のものであり、2枚のレンズのみにより構成される（請求項32～34）。各レンズL1、L2は共にプラスチックレンズである（請求項36）。

#### 【0040】

図7に実施の形態を示した画像形成装置100は、感光媒体111の感光面に光走査装置117による走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、感光媒体の感光面の走査を行う光走査装置117として上記請求項1～15の任意の1に記載のものをを用いたものであり（請求項37）、感光媒体111が光導電性の感光体であり、感光面の均一帯電と光走査装置の走査とにより形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されるものである（請求項38）。

なお、光偏向器として「面倒れ」のないものを用いる場合には、線像結像光学系3を省略し、レンズL1、L2を「共軸レンズ」とすることができる。

#### 【0041】

また、上に説明した光走査装置は、光源側からの波長： $\lambda$ の光束を光偏向器に

より偏向させ、偏向光束を走査結像光学系により被走査面に向けて集光させて被走査面上に光スポットを形成し、被走査面の光走査を行う光走査装置において、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、偏向光束における主走査方向のビームウェスト位置の、被走査面に対する変動： $\Delta$ を空間周波数成分に分解したとき、

$$0.1 < (1/L) < 5$$

の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、上記変動： $\Delta$ が、条件：

$$(20) \quad \{\Delta \cdot \lambda / \omega^2\} < 0.4$$

を満足するように構成するものであり（請求項39）、図1の光走査装置は、走査結像光学系が、1以上のレンズを含み、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、上記走査結像光学系の各レンズ面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、 $0.1 < (1/L) < 5$ の空間周波数( $1/L$ ：本/mm)範囲において、少なくとも1つのレンズ面において、レンズ面の面精度： $\sigma$ 、該面精度： $\sigma$ による主走査方向の焦点距離： $f\sigma$ 、上記レンズ面を有するレンズの屈折率： $n$ が、上記レンズ面上の主走査方向の光束幅： $W$ 以上においては、条件：

$$(21) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足し、上記光束幅： $W$ 以下においては、条件：

$$(22) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log[1/\{32f\sigma(n-1)\}]$$

を満足するように構成する（請求項40）ことにより、走査結像光学系に許容される深度余裕内で、実用的見地からして濃度むらを有効に軽減もしくは防止することができるものであり、具体的に製造されたレンズL1の入射側面は、図8に示すように、 $0.1 \sim 5$ 本/mmの空間周波数範囲で条件（21）、（22）を満足する（請求項41）。

#### 【0042】

また、図9に示した光走査装置は、走査結像光学系が、結像作用を持つ1面以上のミラーM1を含み、被走査面上に形成すべき光スポットの、像高：0における光スポットの狙いとする主走査方向のスポット径を $\omega$ とし、走査結像光学系の各ミラー面上の面精度： $\sigma$ を空間周波数成分に分解したとき、 $0.1 < (1/L$

) < 5 の空間周波数 ( $1/L$  : 本/mm) 範囲において、少なくとも 1 つのミラー面において、ミラー面の面精度 :  $\sigma$ 、該面精度 :  $\sigma$  による主走査方向の焦点距離 :  $f \sigma$  が、ミラー面上の主走査方向の光束幅 :  $W$  以上においては、条件 :

$$(23) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/L) + \log [1 / \{64 f \sigma\}]$$

を満足し、光束幅 :  $W$  以下においては、条件 :

$$(24) \quad 0 < \log \sigma < -2 \log(1/W) + \log [1 / \{64 f \sigma\}]$$

を満足する (請求項 4 1) ことにより、走査結像光学系に許容される深度余裕内で、実用的見地からして濃度むらを有効に軽減もしくは防止することができるものであり、具体的に製造された結像ミラー M 1 のミラー面は、図 1 2 に示すように、0. 1 ~ 5 本/mm の空間周波数範囲で条件 (2 3)、(2 4) を満足している。

図 7 に実施の形態を示した画像形成装置 1 0 0 はまた、感光媒体 1 1 1 の感光面に光走査装置 1 1 7 による走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、感光媒体の感光面の走査を行う光走査装置 1 1 7 として上記請求項 3 9 ~ 4 1 の任意の 1 に記載のものを用い得るものであり (請求項 4 3)、感光媒体 1 1 1 が光導電性の感光体であり、感光面の均一帯電と光走査装置の走査とにより形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されるものである (請求項 4 4)。

【0 0 4 3】

【発明の効果】

以上に説明したように、この発明によれば新規な光走査装置・光走査方法、走査結像光学系および画像形成装置を実現できる。

この発明の走査結像光学系は、各光学面が、像面変動を深度余裕の  $1/4$  以下に押さえるように面精度を設定されるので、像面変動に起因するスポット径の変動により生じる記録画像における濃度むらを有効に軽減もしくは防止することができる。

この発明の光走査装置および光走査方法は、上記走査結像光学系を用いることにより、記録画像に濃度むらの生じない良好な光走査を実現できる。そしてこの発明の画像形成装置は、この発明の光走査装置を用いることにより、濃度むらの

ない良好な画像を形成することができる。

【 0 0 4 4 】

また、請求項 3 9 ～ 4 1 に記載の光走査装置を用いる画像形成装置（請求項 4 2、4 3）では、像面変動に起因するスポット径の変動により生じる記録画像における濃度むらのうち、特に人の目に目立ち易いものを有効に軽減もしくは防止して、良好な画像形成を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の光走査装置の、実施の 1 形態を説明するための図である。

【図 2】

具体的な数値例 1 にかかる像面湾曲と等速特性を示す図である。

【図 3】

上記数値例 1 にかかる深度余裕を示す図である。

【図 4】

面精度を説明するための図である。

【図 5】

数値例 1 のレンズ L 1 の、第 1 面の面精度の上限を示す図である。

【図 6】

面精度と条件式の関係を示すための図である。

【図 7】

画像形成装置の実施の 1 形態を示す図である。

【図 8】

実際に作製された数値例 1 のレンズ L 1 の、第 1 面の面精度を示す図である。

【図 9】

この発明の光走査装置の、実施の別形態を説明するための図である。

【図 1 0】

具体的な数値例 2 にかかる像面湾曲と等速特性を示す図である。

【図 1 1】

上記数値例 2 にかかる深度余裕を示す図である。

【図 1 2】

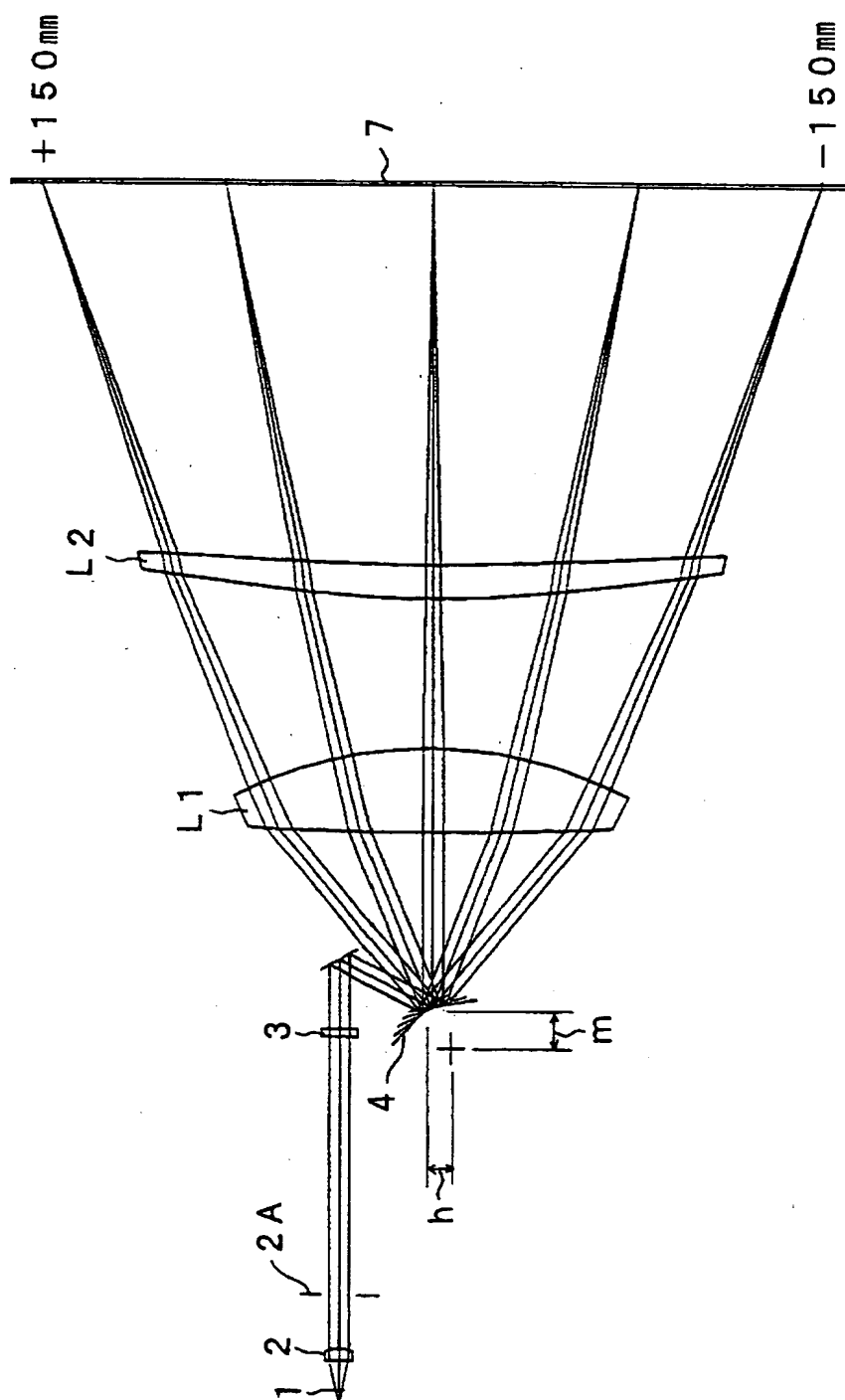
実際に作製された数値例 2 の結像ミラー M 1 のミラー面の面精度を示す図である。

【符号の説明】

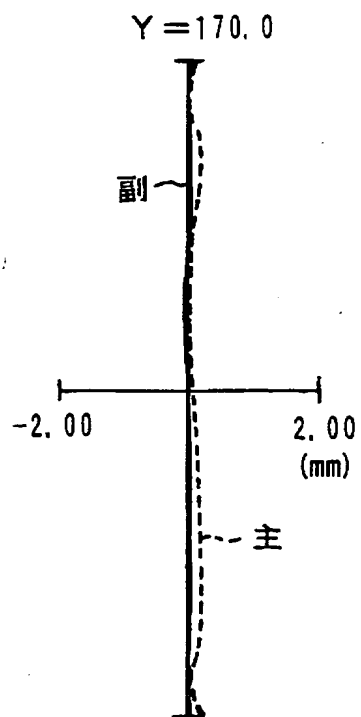
- 1        光源（半導体レーザ）
- 2        カップリングレンズ
- 3        シリンドリカルレンズ
- 4        光偏向器（回転多面鏡）
- L 1, L 2        走査結像光学系を構成するレンズ
- 7        被走査面

【書類名】 図面

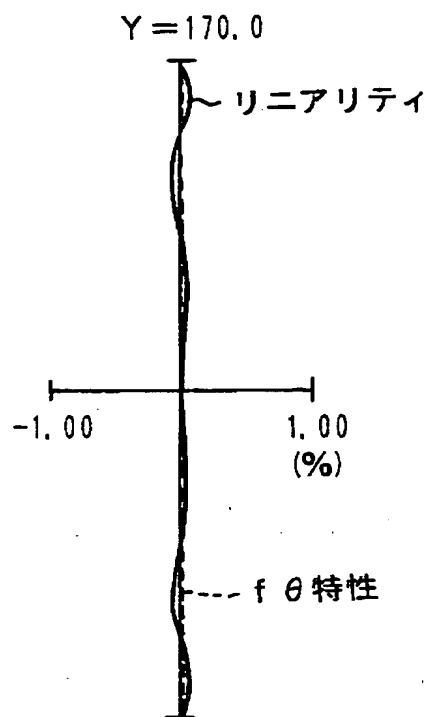
【図 1】



【図 2】



像面湾曲

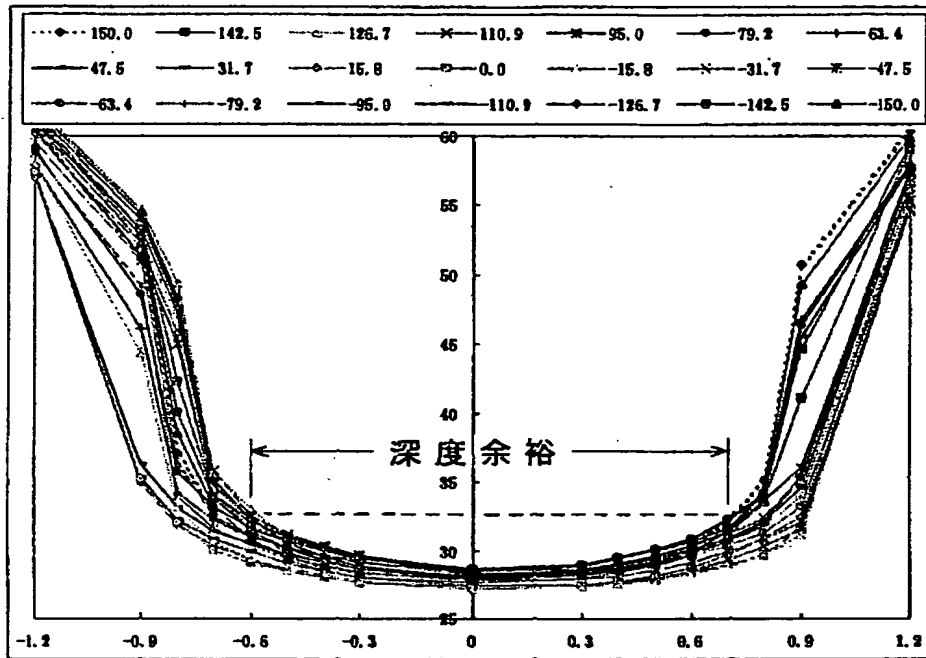


リニアリティ、 $f\theta$ 特性



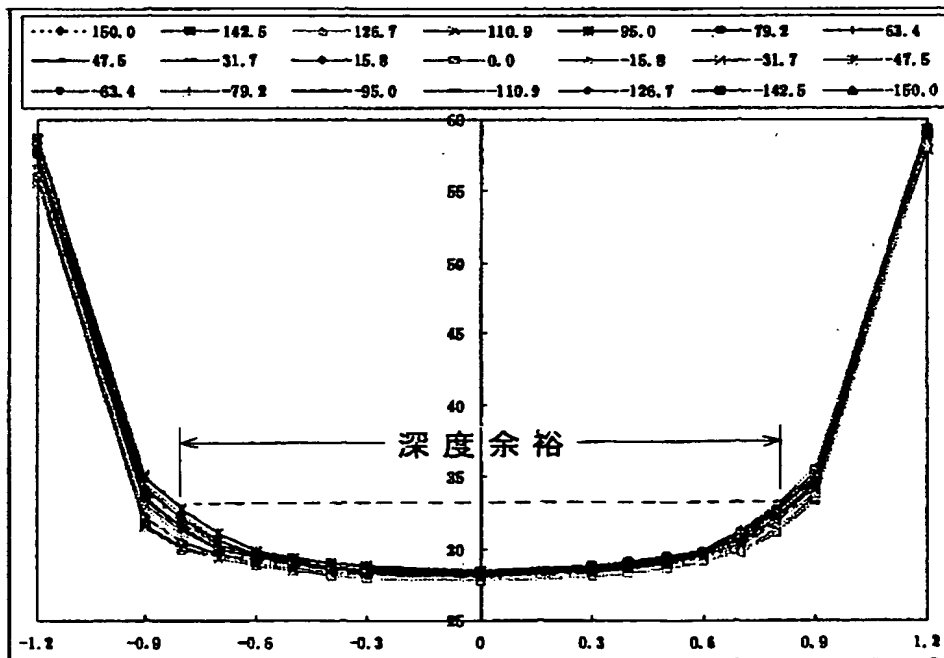
【図3】

(a)



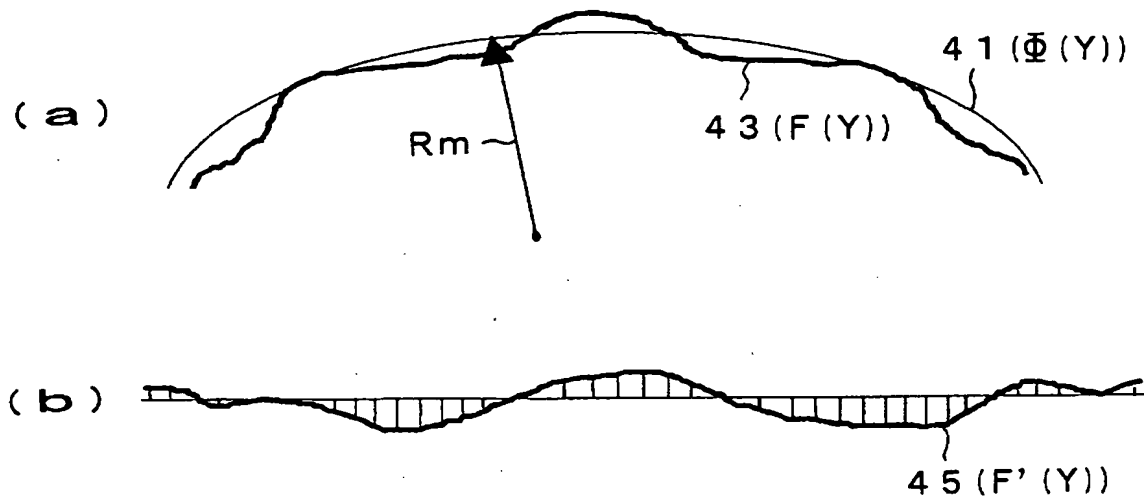
主走査方向

(b)

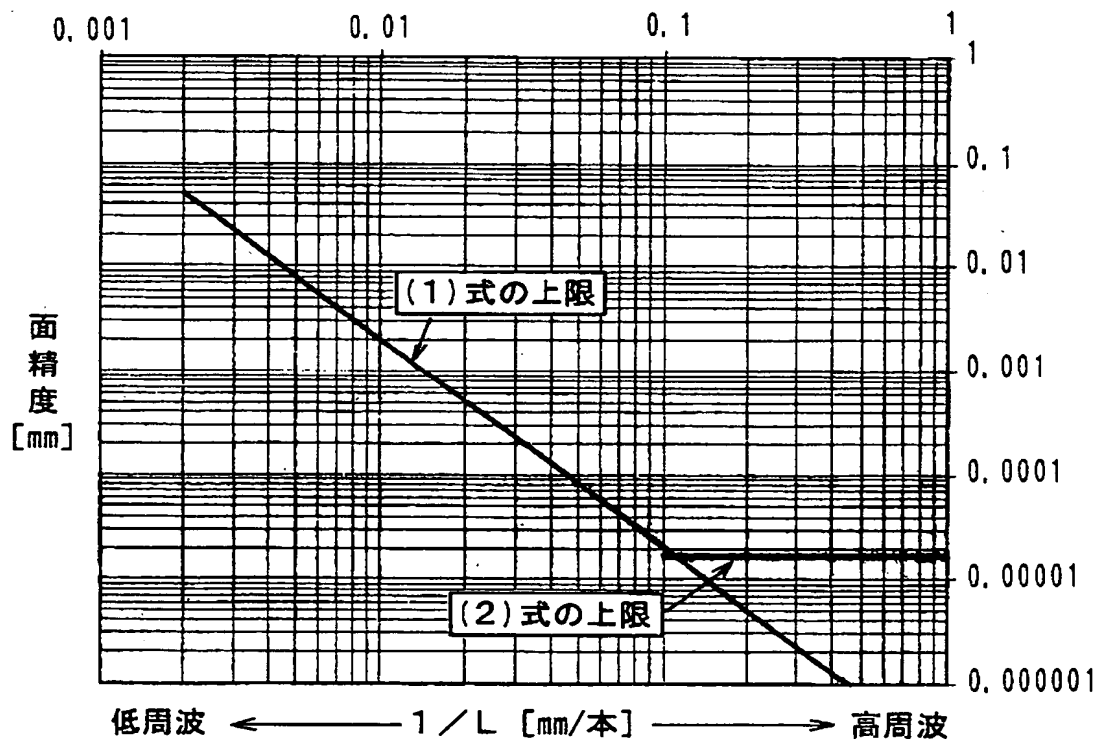


副走査方向

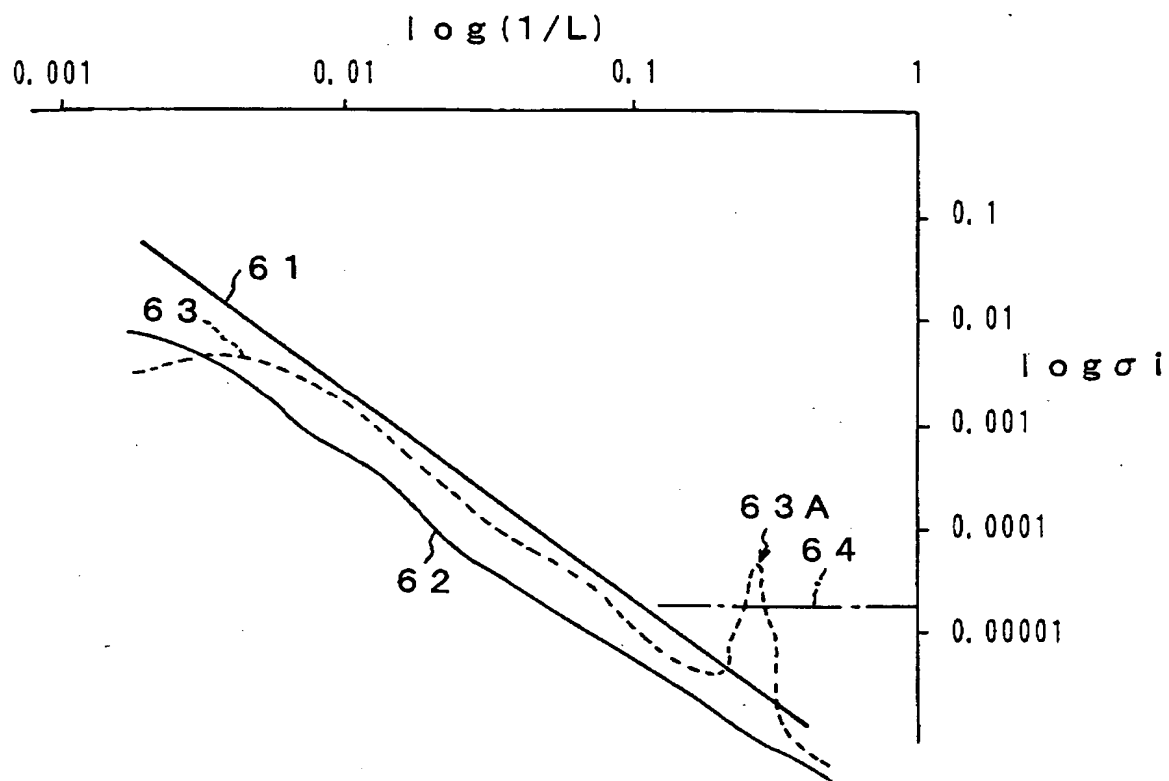
【図4】



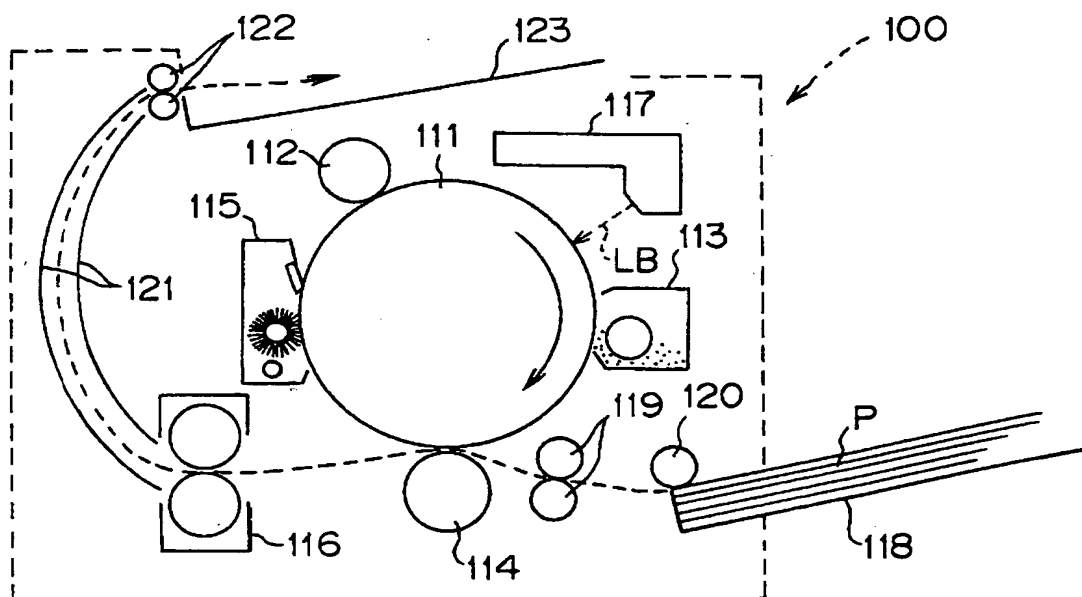
【図5】



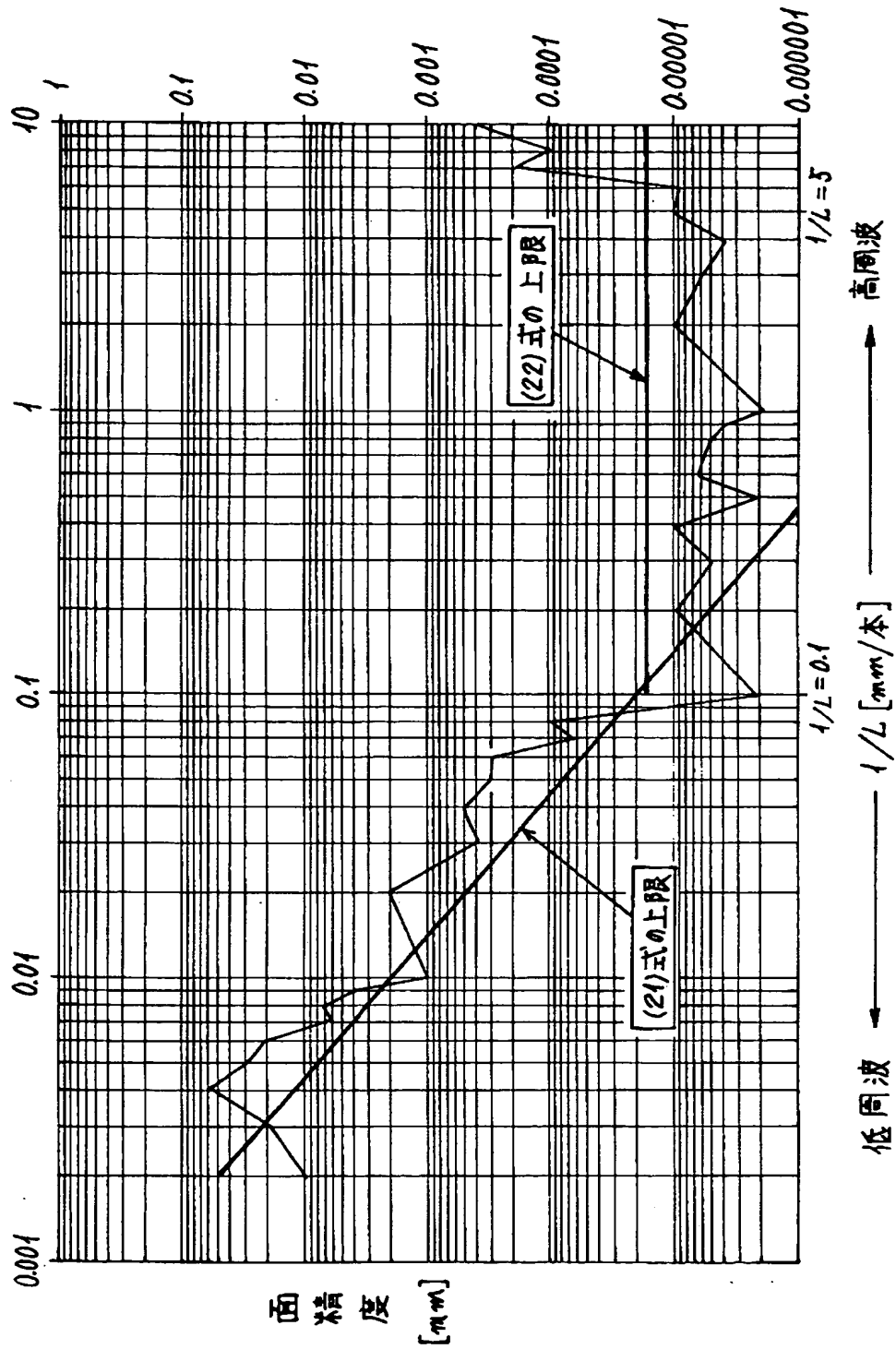
【図 6】



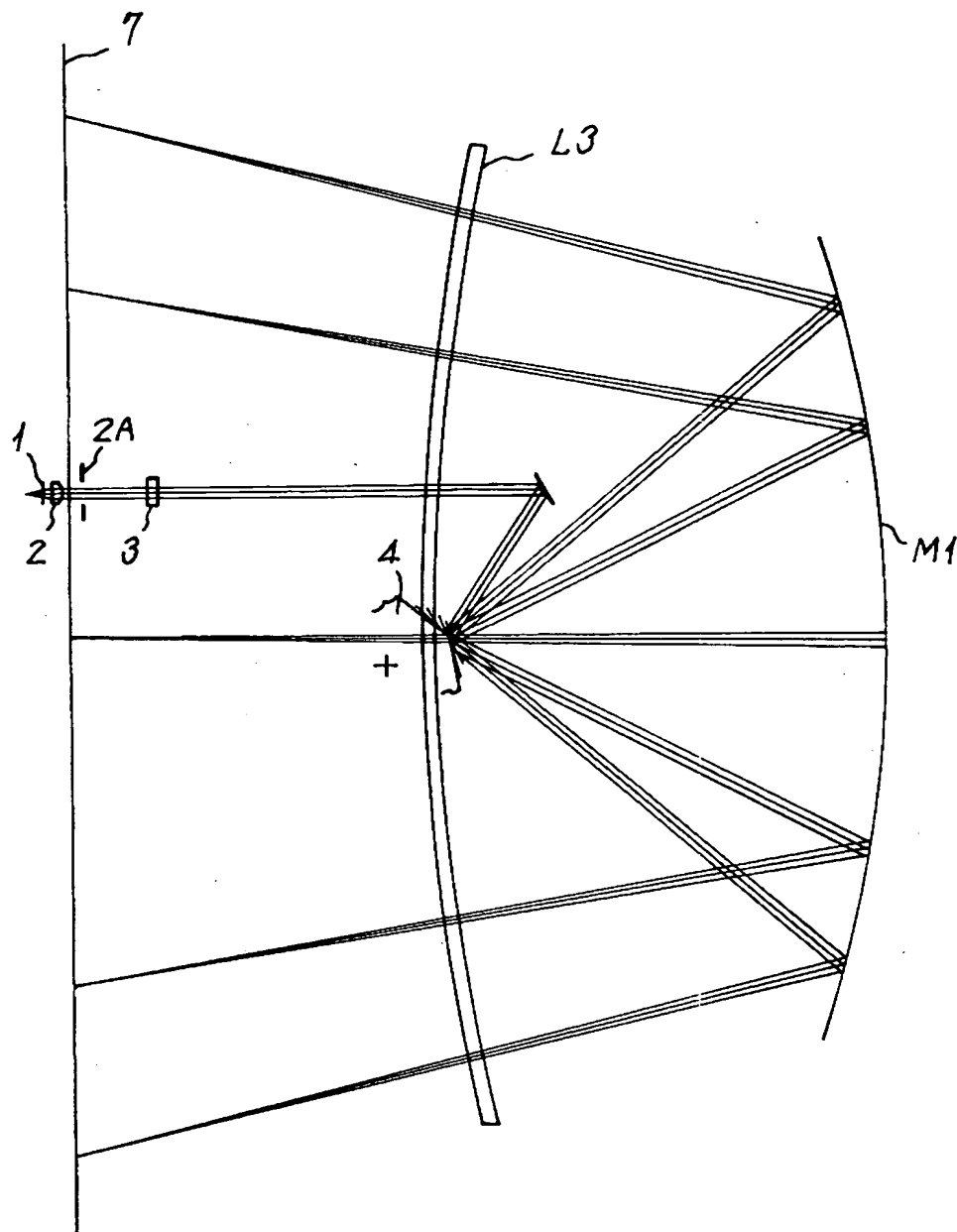
【図 7】



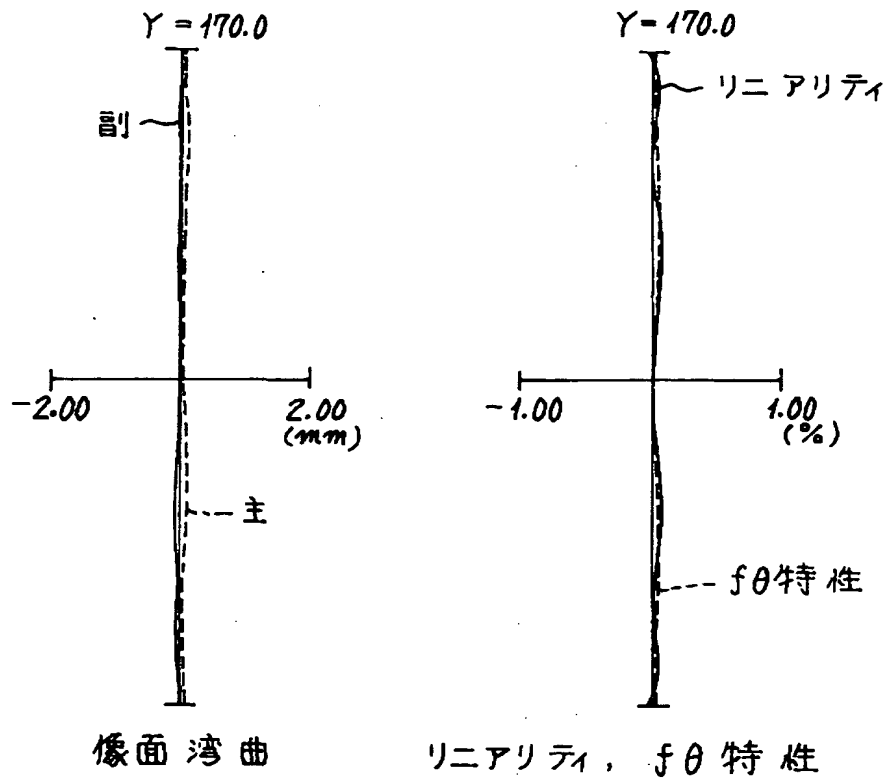
【図 8】



【図9】

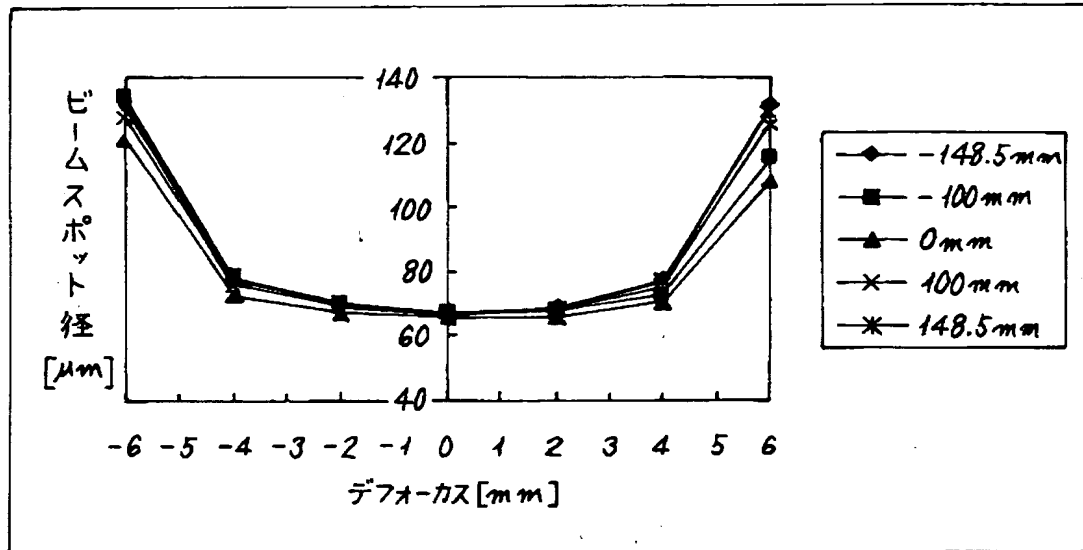


【図 10】

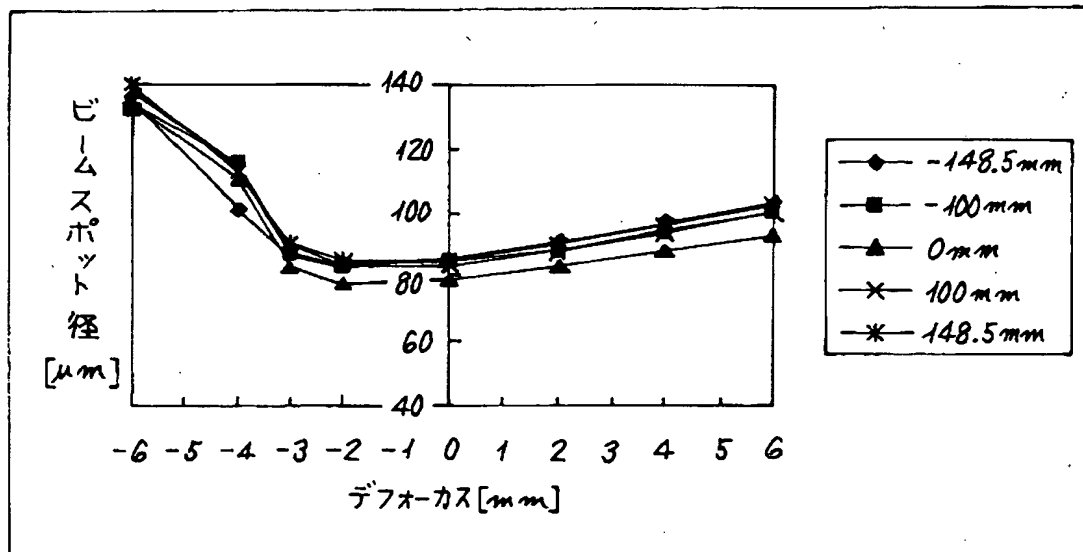


【図11】

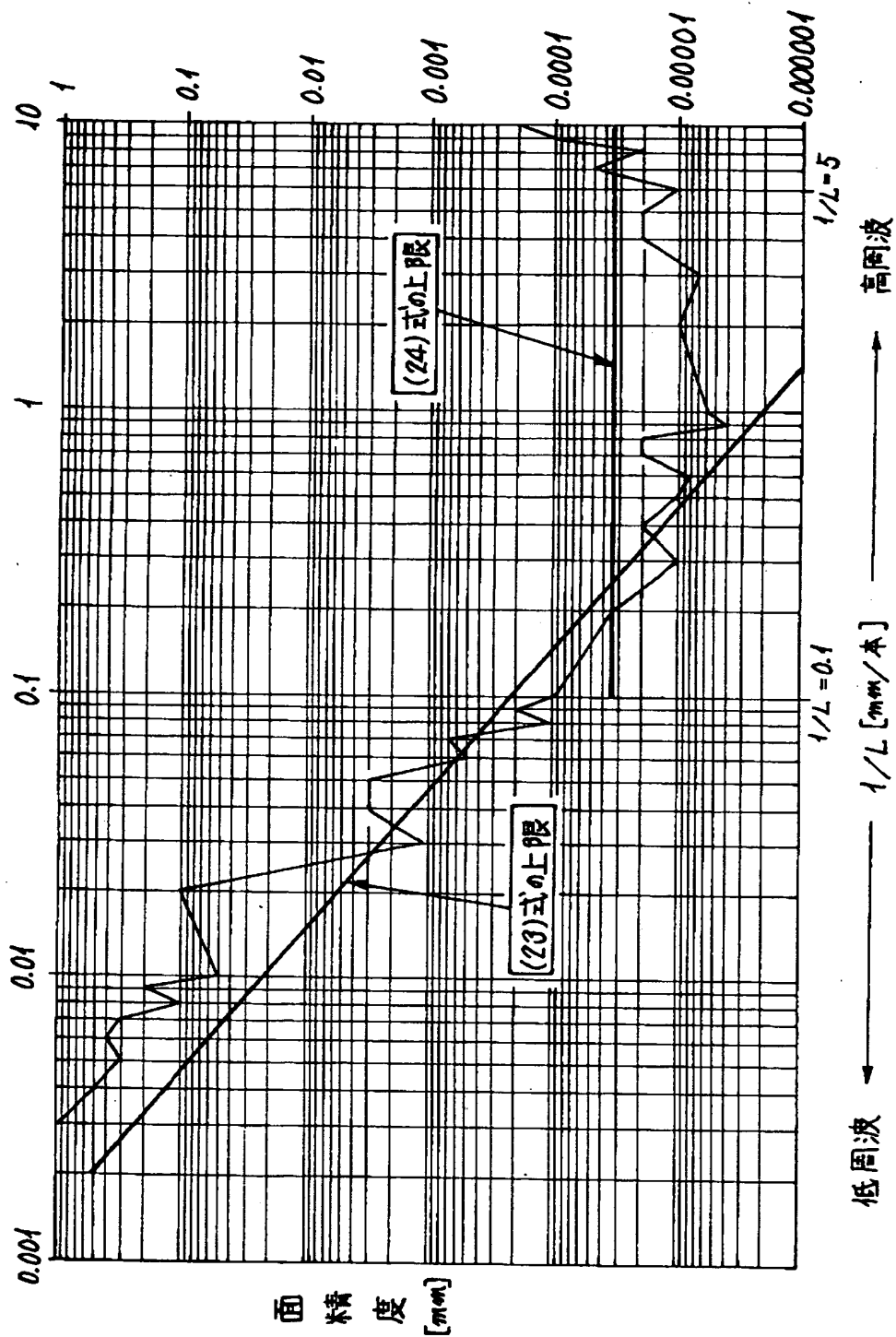
(a)



(b)



【図 12】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光走査装置を用いる画像形成装置において、人の目に目立ちやすい空間周波数の濃度むらの発生を有効に軽減もしくは解消する。

【解決手段】 少なくとも1枚のレンズを有する走査結像光学系の主走査方向の焦点距離を  $f_m$ 、面数を  $k$ 、像高： $0$ における狙いとする主走査方向のスポット径を  $\omega$ 、光偏向器4の側から数えて第  $i$  番目のレンズ面の面精度を  $\sigma_i$ 、第  $i$  番目のレンズ面を有するレンズの材質の屈折率を  $n$ 、上記レンズ面上における主走査方向の空間周波数を  $1/L$ 、波長： $\lambda$ 、面数： $k$ 、焦点距離： $f_m$ 、スポット径： $\omega$ により式： $f\sigma = \{2.6846\lambda\sqrt{(k)f_m^2/\omega^2}\} - f_m$ で定義される、面精度： $\sigma_i$ による主走査方向の焦点距離を  $f\sigma$ とすると、面精度： $\sigma_i$ 、焦点距離： $f\sigma$ 、屈折率： $n$ 、空間周波数： $1/L$ が、各レンズ面ごとに、

$$(1) \quad 0 < \log \sigma_i < -2 \log (1/L) + \log [1/\{32 f\sigma (n-1)\}]$$

なる条件を満足する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
氏 名 株式会社リコー